

**EL PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN: UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL
GRADO NOVENO**

JOAN MANUEL ROMERO ROMERO

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ, D.C. – COLOMBIA**

2023

**EL PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN: UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL
GRADO NOVENO**

JOAN MANUEL ROMERO ROMERO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Licenciado en Física

Asesor:

Diana Carolina Castro Castillo

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ, D.C. – COLOMBIA
2023**

AGRADECIMIENTOS

Éste trabajo está dedicado a Dios, a mi familia y amigos, quienes me han dado la fuerza para seguir adelante, con su palabras y enseñanzas. Un agradecimiento especial a todas esas personas que han estado a mi lado, haciendo que este proceso termine de la mejor manera. Este documento va dirigido a mis estudiantes, porque, este es el primer paso para ser un mejor maestro, por formarme y convertirme en un buen docente.

En este apartado, en el que tenemos la oportunidad de agradecer, quiero citar algunos nombres, sabiendo de antemano, que un número significativo quedará fuera de este escrito.

Gracias....

A mis padres y a mi hermana por su dedicación, sus esfuerzos personales, por darme la oportunidad de completar mi carrera.

A mis profesores de universidad que aportaron en mi formación como docente. He intentado transmitir la misma pasión que ellos me enseñaron.

A mis asesores de trabajo de grado designados en el departamento, en especial a la profesora Diana Castro, quien acompañó esta última etapa.

Por último, siento la necesidad de invitar a las personas a vencer los miedos, a reconocer en medio de las condiciones diversas las propias capacidades, que nos movilizan a ser mejores seres humanos y profesionales en nuestro campo de acción. En algunos casos, un trastorno del aprendizaje como la dislexia puede hacer que el camino sea más largo y complejo, pero siempre encontraremos esas manos amigas que nos ayudan a alivianar las cargas.

Trabajemos juntos por una sociedad más justa en pro del reconocimiento de las diferencias.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación	2
1.1 Descripción del problema de investigación	2
1.2 Objetivos de la investigación	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.4 Justificación	6
1.5 Antecedentes	8
Capítulo II: marco teórico	10
2.1 Aspectos disciplinares que fundamentan la propuesta investigativa	10
2.1.1 Elementos preliminares	10
2.1.2 Principio de superposición	13
2.1.3 Importancia de la educación en ciencias	19
Capítulo III: Metodología	22
3.1 La investigación cualitativa: una oportunidad para investigar en el aula	22
3.2 Descripción de la población	24
3.3 Descripción de la estrategia didáctica	25
3.3.1 Descripción de las actividades	26
Capítulo IV: Resultados y análisis	32
Conclusiones	40
Bibliografía	43
Anexo 1: El paseo de las ondas.	45
Anexo 2: Nick y la superposición	46
Anexo 3: Superposición clásica y cuántica	47

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación se aborda el problema de la educación científica en el nivel de educación básica, específicamente en el grado noveno. A través de la revisión de documentos de política pública y la observación de la práctica educativa, se identificó la necesidad de fortalecer la forma en que se enseñan las ciencias naturales a los estudiantes. El problema radica en que, a pesar de que los estudiantes demuestran interés por conocer aspectos de la ciencia y la tecnología y su impacto en el mundo que los rodea, en algunos casos la enseñanza de las ciencias se limita a explicaciones teóricas y el uso de la modelización matemática, dejando de lado la posibilidad de cuestionarse, experimentar y reflexionar sobre las situaciones que se abordan.

El objetivo de este trabajo es proponer una estrategia didáctica que permita abordar el tema de la superposición en estudiantes de grado noveno, con el fin de desarrollar habilidades de pensamiento científico y mejorar la comprensión de los fenómenos físicos que los rodean. Se espera que esta estrategia contribuya a mejorar la enseñanza de las ciencias y promueva un aprendizaje significativo en los estudiantes. Se enfatiza en la importancia de enseñar conceptos de física a los estudiantes y crear ambientes de aprendizaje positivos para la educación científica.

El documento se divide en cuatro capítulos, en el primero se presenta el problema de investigación, en el segundo, las comprensiones que alcanza el investigador en cuanto al tema objeto de estudio, en el tercero se describe la metodología utilizada en la investigación, y en cuarto, la implementación de la estrategia didáctica con los resultados obtenidos. Asimismo, se presentan las conclusiones y recomendaciones para abordar de manera efectiva el problema de la educación científica en el nivel de educación básica, cuando se abordan temas de la física moderna.

Entre los elementos relevantes para el diseño didáctico se encuentran que el juego es una herramienta efectiva para captar la atención de los estudiantes, pero debe estar sujeto a sus intereses, el uso de material concreto y la realización de montajes experimentales permiten a los estudiantes hacer representaciones de diferente orden y finalmente, las explicaciones detalladas permiten que los jóvenes exploren de diferente forma las explicaciones que se hacen desde la física sobre fenómenos del mundo natural.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En este primer apartado se dará a conocer el problema de investigación que se configura desde la revisión de documentos de política pública realizada en el proceso de formación como licenciado en física en el ciclo de profundización y de los cuestionamientos que surgen del abordaje de la disciplina dentro de la práctica educativa en el ciclo de fundamentación, al trabajar con un grado noveno de la educación básica, por lo que las reflexiones se centran en este nivel principalmente.

1.1 Descripción del problema de investigación

En Colombia los procesos formativos en la escuela se rigen por un conjunto de lineamientos, estándares básicos de competencias y derechos básicos de aprendizaje emitidos por el Ministerio de Educación Nacional MEN con los que se busca que las diferentes instituciones, en atención a sus características, organicen el acto educativo para generar habilidades desde los diferentes campos del conocimiento. En el caso de las Ciencias Naturales, uno de los principales objetivos es la formación de ciudadanos críticos para responder a las demandas sociales y tecnológicas que surgen diariamente.

Dentro de este trabajo centraremos la atención en dos de estos documentos: Los estándares de competencias y los derechos básicos de aprendizaje. El primero de ellos, es emitido por el MEN en el año 1994, y con él se intenta explicar por qué enseñar ciencias en las instituciones educativas, en la que se presenta una visión de ciencia sobre la cual se fundamentan los postulados que movilizan el quehacer científico dentro de estos lineamientos. Adicionalmente, se presentan las metas de formación en la educación básica y media y estas se complementan por una estructura basada en estándares y acciones concretas de pensamiento y producción, desde el entorno vivo, el entorno físico y la relación ciencia, tecnología y sociedad. Debido al campo de acción del investigador, el análisis se realiza desde el entorno físico. Al terminar la educación básica - que va de grado primero a grado noveno -se espera que un estudiante pueda “*Explicar condiciones de cambio y conservación en diversos sistemas, teniendo en cuenta transferencia y transporte de energía y su interacción con la materia*” (MEN, 1994, p.138), para esto se presentan un conjunto de acciones de pensamiento que implican, verificar, comparar, diferenciar, establecer relaciones y

reconocer modelos de temáticas propias como propiedades de la materia, sistemas termodinámicos, cambios físicos y químicos, transferencia de energía, ondas, entre otros.

Por otro lado, se cuenta con los Derechos Básicos de Aprendizaje, que son formulados en el año 2015 por el MEN y con el que se busca hacer explícito el desarrollo de conocimientos, habilidades y valores que debe “alcanzar” una persona que participa del proceso educativo. La forma como se encuentra organizada el documento permite ver, un *enunciado* en el que se expone el aprendizaje estructurante, *las evidencias*, que expresan las acciones que debe realizar el estudiante y *un ejemplo*, que da cuenta de la manera como se puede hacer visible las comprensiones que logra. Al hacer una revisión sobre los aspectos del entorno físico en grado noveno, se encuentra como enunciados: “Comprende que el movimiento de un cuerpo, en un marco de referencia inercial dado, se puede describir con gráficos y predecir por medio de expresiones matemáticas” (MEN, 215, p. 30).

Lo anteriormente expuesto pone en escena que dentro de estas consideraciones estructurante de la enseñanza de las ciencias en particular de física, priman conceptos de la mecánica clásica, en términos de la cinemática, la dinámica, la termodinámica y el electromagnetismo que son necesarios para comprender determinados fenómenos que se presentan en la cotidianidad, pero que no permiten aproximarlos a explicaciones para responder a preguntas relacionadas con la tecnología, el uso de un celular, como funciona un GPS, etcétera.

Estos temas hacen parte de la vida escolar de los estudiantes, al realizar un proceso de inmersión con estudiantes de grado noveno de una institución educativa, se puede observar que sienten agrado por conocer aspectos de la tecnología, se realizan preguntas sobre cómo funcionan algunas cosas y que implicaciones tiene su uso en el mundo que los rodea, que para ser explicados se requiere conocimientos de principios de la física moderna. Por citar algunos ejemplos, se tiene la realidad virtual, como a partir de unos lentes se puede crear una ilusión transportándolos a un mundo virtual, aspectos que se explican desde la óptica computarizada. La existencia de robots y de máquinas que simplifican la realización de algunas tareas, y otros como el internet, las comunicaciones sincrónicas desde cualquier lugar del mundo.

Al hacer un análisis de las mallas curriculares de la institución, estas se encuentran sujetas a lo establecido por el MEN, se toman las diferentes acciones de pensamiento propuestas y se dinamizan en el aula de acuerdo a las estrategias planteadas por los docentes, en las que sobresalen las explicaciones teóricas de los docentes, acompañadas del uso de la modelización matemática, dejando de lado, la posibilidad de cuestionarse, de experimentar y de ampliar las reflexiones que se tienen sobre las situaciones que se abordan.

De este modo, se considera que las instituciones intentan atender lo expuesto desde la normatividad nacional, pero se cuestiona porque no se encaminan procesos donde los estudiantes establezcan un vínculo con las características de su contexto, con lo que les gusta, con sus intereses para que se dé la construcción de conocimiento científico, desde lo que llama su atención, como la tecnología. Es de notar que muchos de estos documentos promulgados por el MEN tienen aproximadamente 20 años de formulación – lineamientos y estándares - y son orientadores, por lo que los docentes, desde su autonomía pueden diseñar rutas didácticas que los lleven a comprender principios físicos que subyacen a las tecnologías para estimular la curiosidad en los estudiantes.

En síntesis, el problema de investigación que se quiere abordar en el marco de este trabajo está relacionado con los cuestionamientos que surgen sobre los grados de abstracción que demanda el estudio de determinados conceptos en la escuela, si bien, existen en los documentos orientadores de base intenciones de abordarlos – en algunos casos de manera superficial - qué sucede cuando se trabajan diferentes perspectivas, emprendiendo caminos didácticos en los que se reconoce el contexto y las características de la población. Se selecciona el principio de superposición de las ondas por varias razones: 1) El tema está relacionado con fenómenos o situaciones que hacen parte de la cotidianidad de los estudiantes, 2) El concepto de onda se aborda en la escuela en diferentes fenómenos y 3) Es un eje conceptual que ha llamado la atención del investigador desde su formación en la educación básica y en los aspectos disciplinares trabajados dentro de la licenciatura.

En este orden, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué características debe tener una estrategia didáctica que favorezca el estudio de la superposición de ondas en grado noveno?

Se considera pertinente abordar esta temática teniendo en cuenta que dentro de los estándares básicos de competencias promulgados por el MEN (1998), se encuentran como acción de pensamiento: “Establecer relaciones entre frecuencia, amplitud, velocidad de propagación y longitud de onda en diversos tipos de ondas mecánicas”, p. 21. Así mismo: “Explicar el principio de conservación de la energía en ondas que cambian de medio de propagación” p.21. y “Explicar las aplicaciones de las ondas estacionarias en el desarrollo de instrumentos musicales.” p.21. Lo que hace evidente que de acuerdo con la planeación establecida dentro de estos documentos es pertinente abordar en ciclo III (grados octavo y noveno) estos conceptos, los cuales pueden ser analizados desde diferentes contextos y aplicaciones para darle un mayor sentido a su estudio.

1.2 Objetivos de la investigación

Como objetivos de la investigación se establece uno general y cinco (5) objetivos específicos que se convierten en la ruta para dar respuesta a la pregunta propuesta:

1.2.1. Objetivo General

Identificar a través del diseño e implementación de una estrategia didáctica los elementos que favorecen el estudio del principio de superposición en estudiantes de grado noveno.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar un abordaje conceptual sobre la superposición de ondas que permita seleccionar los elementos que serán llevados a aula.
- Revisar teóricamente lo que demanda el proceso cognitivo en jóvenes de edades entre los 14 y los 16 años para proponer las estrategias de aprendizaje.
- Diseñar e implementar una estrategia didáctica a partir de las reflexiones alcanzadas en el abordaje teórico.

- Sistematizar y analizar la información obtenida con el fin de reconocer los elementos que favorecen el estudio del principio de superposición.

1.4 Justificación

Realizar un estudio donde se aborde el principio de superposición de ondas para jóvenes de grado noveno es pertinente por varios aspectos, los cuales se relacionan a continuación:

En el campo de la física, existen diferentes principios con los que se busca modelar situaciones de la cotidianidad, esto les permitirá a los estudiantes comprender como funcionan determinados artefactos incluso las herramientas tecnológicas. El caso del principio de superposición es aplicable a todo tipo de ondas, mecánicas, electromagnéticas y cuánticas, por lo que entender sus bases teóricas ampliará de manera significativa los aprendizajes de los estudiantes. En este sentido, es necesario establecer rutas didácticas que permitan a los estudiantes comprender diferentes fenómenos llevándolos a desarrollar un pensamiento crítico. Por otro lado, con el estudio de conceptos físicos se fomenta el pensamiento creativo a través de acciones concretas como la observación y la experimentación, lo que les permite identificar y analizar diferentes variables del mundo físico. En síntesis, se potencializan habilidades cognitivas que le serán útiles en su vida personal y académica.

El trabajo de la educación científica en estas edades (entre los 14 y 17 años) es importante en la medida que los estudiantes han estado inmersos en explicaciones generales en los grados anteriores. Lo que ha posibilitado una aproximación a diferentes fenómenos naturales. Para Vásquez-Alfonso et al. (2005), en cada ciclo educativo se puede hacer un énfasis particular de la ciencia para que los estudiantes se interesen por su estudio. En los primeros ciclos relacionados con la educación primaria, se puede asumir la *ciencia curiosa*, la cual permite potencializar el sentido natural de la indagación, la *ciencia doméstica*, en la que se percibe el impacto de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana y la ciencia cultural, como una forma de reconocer la relación entre la diversidad cultural y un campo específico del conocimiento. De este modo, los estudiantes en la secundaria poseen algunos conocimientos básicos de historia y cultura social, lo que demanda que el énfasis curricular en este nivel se realice desde una visión de la *ciencia para la ciudadanía*, donde se haga evidente logros y procedimientos de la ciencia y la tecnología además de sus

limitaciones. En el último ciclo de esta etapa, se espera contar con una *ciencia seductora*, que lleve a la comprensión crítica de la ciencia y a la capacidad de aprender con la información que se encuentra a través de diferentes fuentes. Es así como en estos dos últimos ciclos “Las principales referencias serían el estudio más sistemático de determinados conceptos y leyes de la CyT, iniciando la aplicación de los procedimientos de la CyT en pequeñas investigaciones de laboratorio, así como los correspondientes desarrollos matemáticos y aplicaciones numéricas” (Vásquez-Alfonso et al., 2005, p. 21).

Por lo tanto, resulta pertinente presentar a los estudiantes, temáticas que estén conectadas con sus intereses y sus propias experiencias, en el que se aprecien los diversos usos de los conceptos en aplicaciones concretas, hacerlos participes del proceso de aprendizaje, donde se incorporen actividades, experimentos para demostrar lo aprendido o proyectos para poner en práctica los conocimientos aprendidos. Para esto se requieren ambientes positivos y estimulantes, así como, el uso de recursos y herramientas atractivas que tengan un impacto significativo que capte la atención de los estudiantes. En este sentido, Yaguana y Merchán (2022) citan

El aprendizaje de las Ciencias Naturales depende principalmente del docente, porque este es quien gestiona recursos y diseña y prepara las actividades, técnicas y metodologías que se utilizarán. El ambiente artístico y el experimental, en esta materia, logra concreción en los aprendizajes de los estudiantes. [...]. El docente dentro de su sistema de clases creará ambientes propicios para el desarrollo de las destrezas que propone el currículo, incluyendo las TIC y trabajando activamente con sus estudiantes. Las CC. NN. son parte del fundamento sobre el que se edifica el rol social de una persona, por ello, es imprescindible darles la importancia que se merecen, estudiarlas a conciencia y brindar enseñanza de calidad (p. 57).

En conclusión, implementar estrategias didácticas que involucren conceptos de la física resulta un ejercicio importante en la medida que se puede hacer énfasis en factores que facilitan o obstaculizan los procesos de aprendizaje en determinadas comunidades. Lo que posibilita dinamizar experiencias de los docentes de ciencias en los diferentes niveles académicos.

1.5 Antecedentes

A continuación, se presentan un conjunto de trabajos desarrollados a nivel local, dentro del programa de Licenciatura en física que aportan de manera significativa al investigador, en la reflexión de los aspectos teóricos, marcos metodológicos y la viabilidad de ejecutar una propuesta de aula que se relacionada con el concepto de superposición.

- Alfonso (2022) realiza el trabajo de grado titulado *Micromundo para la enseñanza del concepto de sistema, estado y superposición desde la mecánica clásica y cuántica en estudiantes de grado octavo*, el cual es implementado en la Institución Educativa Integrada del municipio de Soacha. Se resalta que, dentro de los currículos, la enseñanza de la física se asocia a los grados superior, en particular a la educación media, y que estos se reducen a abordar teorías clásicas, mientras que los temas de la física moderna, como la mecánica cuántica, se excluyen porque se consideran abstractos, logrando que estas temáticas queden por fuera de los objetivos de estudios, sin tener en cuenta que muchas de las aplicaciones tecnológicas que hacen parte de la cotidianidad de los estudiantes se fundamenta en estos principios. Para abordar el problema de investigación, se planea la enseñanza de temáticas como estado y superposición desde un contexto clásico hasta un contexto moderno, lo cual puede permitir ampliar la visión de la física que se enseña. A partir del concepto de sistema, estado y superposición se muestra que es posible abordar ambas teorías de manera simultánea para que el estudiante pueda acercarse a diferentes paradigmas del conocimiento científico.

Este trabajo aporta a la presente investigación en la medida, que se tiene una reflexión previa de cómo se trabajó previamente la temática en un contexto escolar, haciendo evidente que es oportuno e interesante para los estudiantes llevar al aula actividades relacionadas con conceptos físicos donde se realizan explicaciones de aspectos clásicos y modernos.

- Mendoza (2011) presenta el artículo, *El principio de superposición de estados, a partir de los estados de polarización de una onda monocromática*, que se sustenta en su trabajo de grado, el cual se centró en explicar el principio de superposición de estados, en donde el tratamiento de los fenómenos atómicos está relacionado con la idea de lo grande y lo pequeño del sistema a tratar. El ejercicio se fundamenta en que la observación realizada

sobre un sistema implica un cierto grado de perturbación incontrolable. Una de estas ideas es el principio de superposición de estados, que puede determinarse a partir de la polarización de una onda monocromática. La autora explica el principio de superposición desde una mirada clásica hasta llegar a una construcción más moderna, determinando características de cada momento.

- Organista, et al. (2007), realiza el estudio *Una idea profunda en la comprensión del mundo físico: el principio de superposición de estados*. El artículo de investigación se centra en la descripción del principio de superposición desde diferentes puntos de vista, inicia con las teorías del color de Newton y finaliza con las teorías de Johnson-Laird, donde resaltan el significado puntual de dicho principio. Establece que es una combinación lineal de dos posibles estados de un sistema, y como se puede representar en diferentes experimentos y sus construcciones matemáticas, al igual que los trabajos anteriores, se realiza una explicación desde sus concepciones clásicas hasta las modernas.

El principal aporte de estos dos últimos trabajos es la revisión teórica que se realiza sobre el fenómeno estudiado, el recorrido histórico permite al investigador, apropiarse de elementos disciplinares para proponer los caminos didácticos que permita a los jóvenes un acercamiento a explicaciones de situaciones de la vida real.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

En este apartado describiremos las comprensiones alcanzadas por el autor sobre el fenómeno físico de la superposición y la importancia de la educación científica en la educación básica. Para esto, iniciaremos precisando lo que es una perturbación mecánica, las características de una onda, para llegar a describir el principio de superposición. Se empleará la modelización matemática como estrategia que permite representar tanto geométrica como algebraicamente el comportamiento de una perturbación. En el segundo apartado, se establecen las reflexiones de lo que demanda la educación en ciencias como una oportunidad de formar ciudadanos críticos, donde el abordaje de conceptos es una forma de organizar el pensamiento para la toma de decisiones responsables.

2.1 Aspectos disciplinares que fundamentan la propuesta investigativa

2.1.1 Elementos preliminares

En física, existen un conjunto de conceptos que en ocasiones son difíciles de describir con palabras pero que a través de la experiencia sensible podemos conocer sus alcances. Este es el caso de la perturbación mecánica. El término puede asociarse al *cambio* de un *sistema* provocado por una fuerza externa o por un cambio en la propia estructura del sistema. Teniendo en cuenta las características de dicho cambio, se pueden clasificar según su naturaleza, su magnitud y su duración, por lo que pueden ser temporales -cambian con el tiempo – espaciales – cambian de posición, tienen una corta o larga duración, etcétera. En la cotidianidad estas pueden observarse en diferentes fenómenos como es el caso del sonido – las ondas sonoras- que permiten la comunicación, o el de un sismo, en el que se presentan movimientos telúricos a causa de ondas sísmicas. Y las aplicaciones del concepto se materializan en diferentes campos del conocimiento, se emplean para evaluar el comportamiento de un puente que “resiste” varias cargas, en la medición de la presión arterial, analizar un avión en pleno vuelo, entre otros.

Sin embargo, en este trabajo nos centraremos a estudiar el concepto particular de *Onda*, que se asume como la representación geométrica de la perturbación mecánica. En ese sentido,

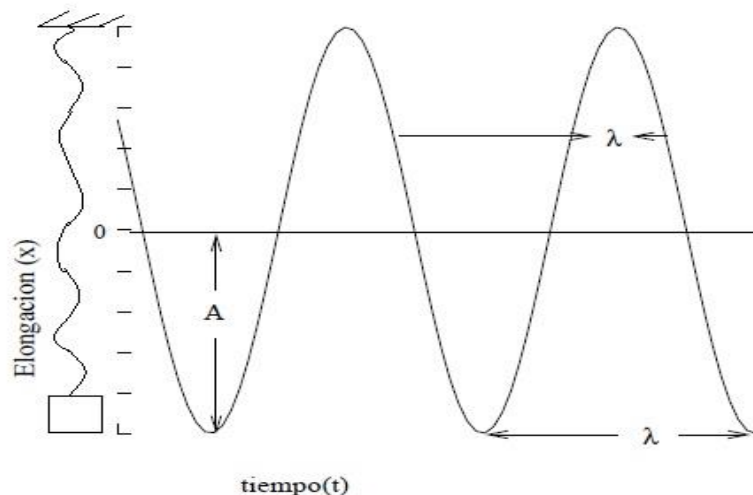
una onda es una perturbación que se propaga, transportando energía, pero no materia. Para Durell, et al. (1998) es “una perturbación que viaja por un material o una sustancia que es el medio de propagación” (p. 488), con la particularidad de que en las sustancias no tiene desplazamiento de materia. Por ejemplo, este hecho se puede observar en el mar, cuando se tiene boyas para limitar el paso de la gente o los territorios marítimos, cuando se produce una ola estos objetos no cambian su posición solamente suben y bajan en el mismo sitio, a esto se le conoce como oscilación, si representamos este sistema en el tiempo que se produce esta perturbación, se genera una gráfica senoidal o senoide.

En la Figura 1 se puede observar la representación de la onda, en un sistema del Movimiento Armónico Simple M.A.S. donde tenemos una masa (m) unida con un resorte (K), al momento de alargarlo una distancia (x) este sistema comienza a oscilar durante un periodo de tiempo (T) hasta que el sistema queda en equilibrio y realizando un número determinado de repeticiones llamado frecuencia (f). Asimismo, se muestran las partes de una onda:

- Amplitud (A): es el recorrido del punto medio hasta la cresta o valle.
- Cresta: se denomina al punto máximo de la onda.
- Valle: es el punto más bajo que puede alcanzar la onda.
- Longitud de onda(λ): es la distancia entre cresta a cresta o valle a valle, por otro lado, también permite identificar cuantas ondas componen la perturbación.

Figura 1

Representación de onda en un sistema masa resorte



Nota. La figura muestra la representación de la perturbación mecánica. Fuente: Bragado (2003)

Si en dicho sistema masa-resorte, realizamos el análisis de este sistema bajo la segunda ley de Newton, encontramos que se puede escribir la Fuerza en términos de la constante de elasticidad y la distancia:

$$F_x = -kx$$

Teniendo en cuenta que la fuerza se puede describir como la masa por la aceleración del objeto, podemos tener la siguiente igualdad.

$$ma = -kx$$

Usando la definición de la aceleración y pasando a dividir la masa al otro lado de la igualdad obtenemos.

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

Recordemos que la velocidad angular (ω), está definida como la raíz cuadrada de la constante de elasticidad del resorte sobre la masa del objeto que oscila.

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2x$$

Pasando la multiplicación de la velocidad angular y la distancia al otro lado de la ecuación e igualándola a cero, encontramos la siguiente ecuación diferencial de segundo grado.

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2x = 0$$

Resolviendo la anterior ecuación encontramos que la descripción de esa ecuación diferencial recae en la famosa ecuación de onda.

$$x(t) = A \sin(\omega t + \delta)$$

Esto quiere decir, que todos los sistemas periódicos o oscilantes siempre llegan a la misma descripción de la ecuación, con la única diferencia que es la velocidad angular de dicho sistema, por ejemplo: si el sistema es un péndulo simple esta dependerá de la raíz cuadrada entre longitud de la cuerda sobre la gravedad.

Retomando los ejemplos antes mencionados podemos realizar la clasificación de las ondas de acuerdo con ciertas características:

1. **Dirección:** Según la dirección de la onda se puede clasificar si la vibración o perturbación se realiza de manera perpendicular o longitudinal. Si la vibración es perpendicular recibe el nombre de onda transversal, que se observa en el ejemplo de la boya en el mar, la propagación se realiza subiendo y bajando el objeto en su sitio. Si la perturbación o vibración se realiza paralelamente se conoce como onda longitudinal, se sigue para este caso, el sistema masa resorte, la propagación se realiza elongado o contrayendo al resorte.
2. **Medio de propagación:** Si la propagación se realiza en un medio sólido, líquido, perturbando un objeto a esto se conoce como ondas mecánicas, esto se evidencia en un péndulo que se mueve una distancia x , comienza a oscilar por efectos de un impulso o una fuerza suministrada. Si la propagación se realiza en el vacío se conoce como ondas electromagnéticas, por ejemplo, cuando un fotón o un haz de luz incide por un prisma o pasa por una rendija.

Tenido en cuenta la clasificación, ecuaciones y variables que componen a las ondas podemos empezar a profundizar en el tema clave del trabajo de investigación que es el principio de superposición.

2.1.2 Principio de superposición

Cuando verificamos la definición del concepto de superposición en un diccionario de la Real Academia Española, encontramos que es la acción de añadir algo o ponerlo encima de otra cosa. Si lo analizamos desde la perspectiva física el significado cambia como lo refiere los siguientes autores en algunos libros y artículos Giancoli, (2008), Serway & Jewett, (2009),

Soldivier, (2016), Castañeda, (2017), entre otros, que describen, *el principio de superposición cuando dos o más ondas o estados se mueven en el mismo medio, resulta una nueva (onda o estado resultante) en cualquier punto es igual a la suma algebraica de todos los desplazamientos originados por dichas perturbaciones individuales.* Por ejemplo, si en el mar se producen dos olas simultáneas con una separación de x distancia, si la amplitud de las dos olas es igual, podemos realizar una suma de estas ondas, si realizamos el análisis de las mediante la ecuación de onda de las dos perturbaciones, es decir la onda 1 se llamará x_1 y la onda 2 se llamará x_2

$$x_1 = A \sin(\omega_1 t + \delta) \text{ y } x_2 = A \sin(\omega_2 t + \delta)$$

Al momento de realizar la suma de estas dos ondas $x_1 + x_2$ obtenemos la siguiente operación:

$$x_T = x_1 + x_2 = A \sin(\omega_1 t + \delta) + A \sin(\omega_2 t + \delta)$$

Al momento de aplicar las identidades trigonométricas de ángulos dobles

$$x_T = A(\sin(\omega_1 t)\cos(\delta) + \cos(\omega_1 t)\sin(\delta)) + A(\sin(\omega_2 t)\cos(\delta) + \cos(\omega_2 t)\sin(\delta))$$

Si factorizamos la amplitud de las dos olas y el coseno del desfase con el seno del desfase queda la siguiente expresión.

$$x_T = A(\cos(\delta)(\sin(\omega_1 t) + \sin(\omega_2 t)) + \sin(\delta)(\cos(\omega_1 t) + \cos(\omega_2 t)))$$

Si al momento de usamos la identidad de sumas de senos y cosenos de la frecuencia queda la siguiente expresión.

$$x_T = 2A(\cos(\delta)\left(\sin\left(\frac{\omega_1 t + \omega_2 t}{2}\right)\cos\left(\frac{\omega_1 t - \omega_2 t}{2}\right)\right) + \sin(\delta)\cos\left(\frac{\omega_1 t + \omega_2 t}{2}\right)\cos\left(\frac{\omega_1 t - \omega_2 t}{2}\right))$$

Al momento de factorizar, el coseno de la diferencia de las velocidades angulares y usamos la identidad de la suma, tenemos la expresión de la superposición de las dos ondas.

$$x_T = 2A \cos\left(\frac{\omega_1 t - \omega_2 t}{2}\right) \sin\left(\frac{\omega_1 t + \omega_2 t}{2} + \delta\right)$$

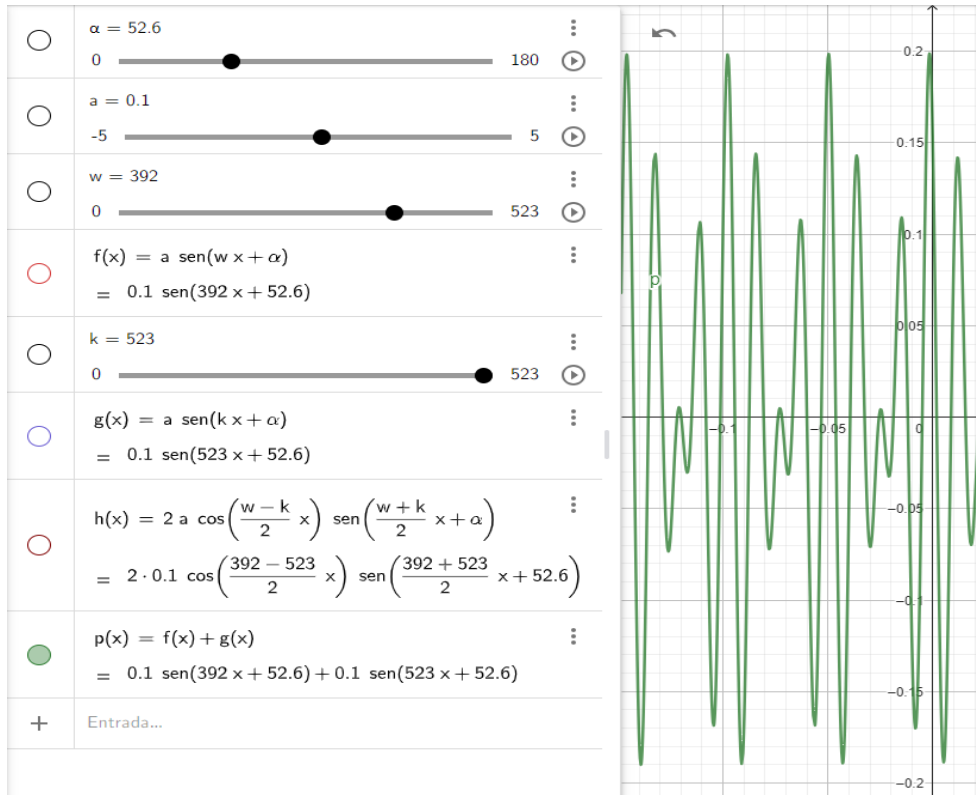
La anterior ecuación, se define como la superposición de dos ondas de mar chocando entre sí, de acuerdo con lo anterior podemos tener los siguientes casos de ondas:

1. Que la onda resultante sea destructiva, esto quiere decir que las dos ondas que lleguen a colisionar y tenga una con respecto desfase de una de estas sea de 180 grados, lo cual hace que las dos ondas se anulen.
2. Que la onda resultante sea constructiva, esto quiere decir que las dos ondas tienen una fase diferente a $0 \leq \delta < 180$, quiere decir que la desfase tiene que ser menor de 180 grados para que la onda no se anule.

Por otro lado, al momento de tener esta superposición de ondas podemos tener diferentes configuraciones, según la velocidad angular que tengan dichas ondas, una de las tantas aplicaciones de la superposición, es al momento de producir una simple canción en una flauta, cada nota tiene asociada una función de onda diferente y al momento superponerlas, podemos producir un sonido nuevo o un ruido.

Supongamos que: vamos a ver la superposición de la nota de sol con una frecuencia de 392 hz combinada con una nota Do con una frecuencia de 523.25 hz, al momento de graficar como vemos en la Figura 2.

Figura 2. Superposición de ondas de dos notas sonoras donde $F(x)$ es Sol y $g(x)$ es Do



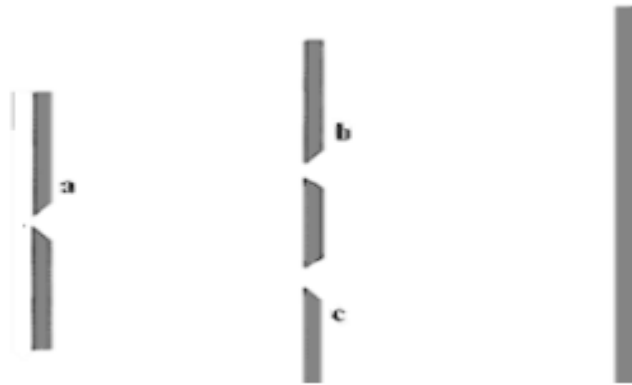
Nota. Imagen creada por el autor en GeoGebra, muestra la superposición de ondas de dos notas sonoras donde $F(x)$ es Sol y $g(x)$ es Do

Al analizar las frecuencias son totalmente diferentes en las cuales el programa se representara con las letras (w) para la nota sol y la letra (k) para la nota Do, si dejamos la misma amplitud (a) de 0.1 para las dos ondas, podemos ver que la ecuación de al momento de hacer la superposición estas dos ondas serán una onda constructiva, y lo único que crea realiza la variación de esta onda es la diferencia y sumatoria de las frecuencias angulares, esto quiere decir que si las dos frecuencias son iguales generaría una onda el doble de grande, pero si las frecuencias son diferentes genera una onda completamente distinta.

Uno de los experimentos que demuestra el principio de superposición es el de la doble rendija de Young, que tuvo gran importancia en el siglo XX creado por Tomas Young, esto debido a el debate entre Newton y Huygens sobre el comportamiento de la luz, uno decía que tenía características ondulatorias y el otro que se comportaba como una partícula. El montaje del sistema clásico de este experimento se compone de un obstáculo con un

orificio que permite obtener a una cierta distancia un frente de onda plana que llega a una segunda pantalla con dos aberturas (Hernández-Nolasco, et al., 2007), como se ve en la Figura 3.

Figura 3. Experimento de la doble rendija de Young

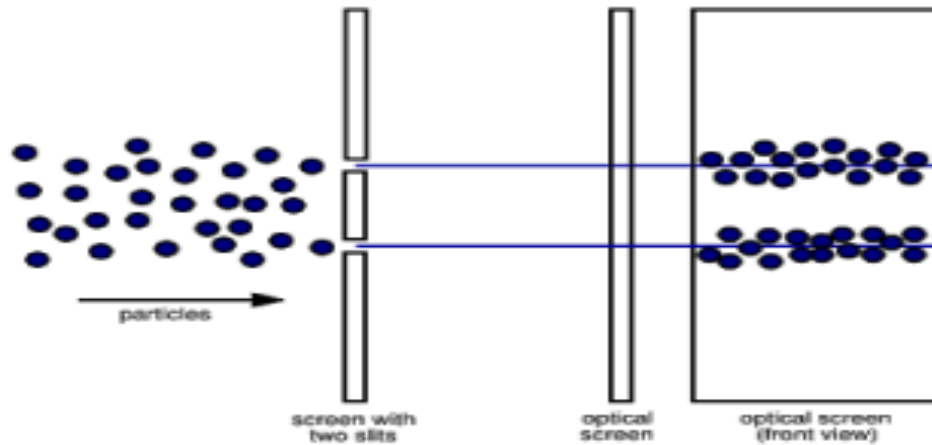


Nota. La imagen muestra la entrada del haz de luz, pasando por la doble rendija y posterior a ese recorrido llega a un material fotosensible. Fuente: página <http://didactika-peru.blogspot.com/2009/08/el-experimento-de-la-doble-rendija-o-de.html>

En el montaje experimental de Young, se puede analizar con tres elementos:

1. Partículas elásticas: Si en el orificio (a) se coloca una máquina que lanzará partículas elásticas, al de ser disparadas a las aberturas (b) y (c), algunas de estas chocaran elásticamente con la barrera (b) (c), y otras pasaran por estos dos vértices, al momento de encontrar otra placa estas crearan dos líneas, que son compatibles con las dos aberturas como se ve observa en la Figura 4.

Figura 4. Partículas que chocan con una doble rendija creando dos líneas de interferencia.

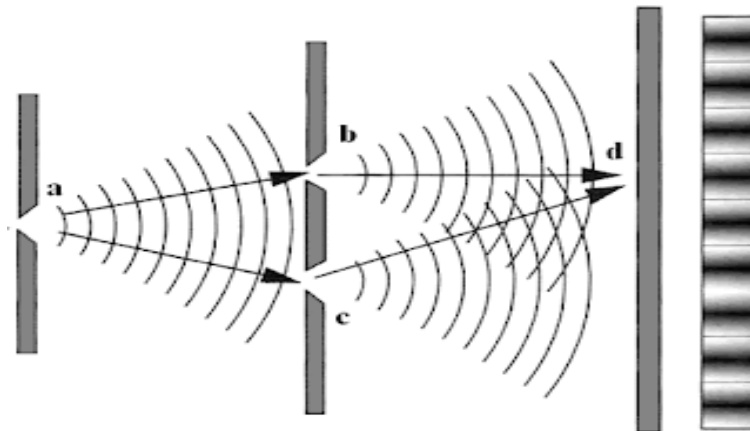


Nota. Montaje experimental de Young con partículas elásticas. Fuente:

<https://www.rolscience.net/2017/08/experimento-de-la-doble-rendija.html>

2. Agua: Ahora si pasamos este montaje a un balde de ondas y en el vértice (a) colocamos un mecanismo de goteo, el cual genera una perturbación en el agua al momento de que se va desplazando la onda, al chocar con la barrera BC parte de esta se detendrá, pero en las aperturas B y C, al producir el impacto la otra seguirá su camino generando dos ondas resultantes de B y C, las cuales se propagaran de manera circular. A cierta distancia estas dos se superpondrán produciendo una interferencia como observa en la Figura 5.

Figura 5. Patrón de interferencia de una cubeta de agua y un haz de luz



Nota. En la imagen se muestra que el patrón de interferencia de una cubeta de agua y un haz de luz son exactamente iguales. Fuente: <http://didactika-peru.blogspot.com/2009/08/el-experimento-de-la-doble-rendija-o-de.html>

3. Haz de luz: al momento de emitir su luz uno de los rayos se encontrará con el vértice (a) logrando pasar, al encontrarse con la sección BC, se debe tener en cuenta lo siguiente la apertura y la distancia entre la rendija b y c estas deben ser muy finas. Al momento de pasar por esta rendija b y c, el haz de luz se va a comportar como una onda, es decir que la teoría de Huygens era cierta hasta cierto punto, ya que en otros casos puntuales que no se trataran en esta monografía la luz se puede comportar como una partícula.

2.1.3 Importancia de la educación en ciencias

La educación en ciencias cumple un rol fundamental en la sociedad, debido a que se desarrollan capacidades en los sujetos que los lleva a conocer y describir el mundo que los rodea. Para Tacca (2011), a nivel de la primaria se comienza a tener un acercamiento progresivo a los fenómenos llevando a que se construyan las primeras explicaciones y en la secundaria se potencializa el pensamiento crítico y reflexivo, permitiendo que el estudiante pueda vivir en la realidad, para conocerla y transformarla.

Para Blanco (2004), “el objetivo de la formación científica va a ser formar individuos científicamente alfabetizados, que entiendan cómo la ciencia, la tecnología y la sociedad se influyen mutuamente, que sean capaces de emplear conocimientos en tomas de decisiones en su vida diaria” p. 74. Esto quiere decir que el papel del docente de ciencias es muy importante, al momento de vincular estrategia que favorezcan la comprensión de conceptos científicos que son usados a través de diferentes fuentes.

Asencio-Cabot (2017) propone 4 formas de entender la educación científica, a partir de un estudio que realiza con 115 maestros en ejercicio:

1. Los conocimientos y textos reflejados en los programas curriculares.
2. Los conocimientos curriculares de las asignaturas del área de ciencias naturales.

3. La enseñanza de las ciencias escolares debe considerar conocimientos acerca de los beneficios de la ciencia y la tecnología
4. La enseñanza de las ciencias escolares debe considerar contenidos acerca de los impactos sociales de los avances y riesgos de la ciencia y la tecnología.

Teniendo en cuenta las vías de entendimiento propuestas por Asencio-Cabot (2017) de las que trata la educación científica en la actualidad, es importante destacar que la primera y segunda tienen una relación estrecha con la documentación y coherencia de los currículos educativos debido a que son las bases para el desarrollo de los saberes de un estudiante. Si no existe una coherencia entre los planes, la realidad del contexto y un lenguaje adecuado acorde con la edad, se puede generar desinformación y evocar a errores conceptuales. El docente debe poseer comprensiones de las temáticas, ya que sobre él recae la responsabilidad de ser mediador entre el conocimiento de las divulgaciones científicas y el impacto en la sociedad, para lo cual, él debe estar informado sobre los hallazgos o creaciones de nuevas tecnologías.

La tercera y cuarta vía de entendimiento se relacionan con los beneficios y riesgos que trae a la sociedad las nuevas tecnologías y hallazgos científicos, la idea es lograr que el estudiante alcance una postura crítica de la información que está a su alcance. Y con ello pueda tomar decisiones de manera responsable. En algunos casos se han dado a conocer efectos adversos de avances tecnológicos que afectan de manera significativa a las comunidades. Por citar algunos ejemplos, se tiene el caso de Clair Patterson que informó sobre los efectos adversos del plomo y sus posibles efectos en la sociedad estadounidense, esto le llevó a una lucha con los empresarios de hidrocarburos en el año 1950. Otro caso es el de Peter Higgs, premio nobel por su descubrimiento del bosón de Higgs, cuando empezaron los primeros experimentos, la prensa mundial comenzó a llamarlo partícula de Dios, y empezó un debate que implicó religión y sociedad en el año 2013

Estos son algunos de los ejemplos de lo que puede pasar cuando una sociedad carece de educación científica, un docente en ciencias naturales busca que sus estudiantes alcancen una alfabetización científica y con ello “la capacidad de leer artículos de periódicos sobre

ciencia, discutir sobre temas científicos actuales, documentarse por sí misma” (Blanco López, 2004) y (Sauvé, 2010). Donde la persona tiene el carácter crítico y analítico de argumentar sobre el papel de las ciencias en la actualidad, reconociendo así las limitantes, los beneficios y riesgos de situaciones de su entorno.

CAPITULO III METODOLOGÍA

Este capítulo tiene por objetivo dar a conocer la ruta metodológica seguida para alcanzar el objetivo general de la investigación y la estructura empleada para la construcción de la estrategia didáctica que moviliza dicho ejercicio de indagación. Para esto se tienen en cuenta los principios de la investigación cualitativa, que centra su atención en fenómenos sociales, en este caso, el de la enseñanza de las ciencias naturales, particularmente, el abordaje del concepto de superposición en estudiantes de grado noveno. En este orden, el capítulo se divide en tres momentos: 1) la descripción de la investigación, 2) las características de la población y 3) la estructura de la estrategia didáctica.

3.1 La investigación cualitativa: una oportunidad para investigar en el aula

La investigación cualitativa tiene como intención comprender la realidad social, a través de diferentes técnicas que implican la recolección de datos para posteriormente analizarlos de manera sistemática, relacionando y generando constructos para llegar a teorizar sobre los fenómenos objetos de estudio. En los últimos años, la investigación educativa se ha visto permeada por los enfoques cualitativos con las que se ha intentado problematizar, construir conocimiento de forma participativa, colaborativa y dialógica (Iño, 2018).

El enfoque cualitativo permite profundizar con mayor amplitud la práctica, el fenómeno educativo y contribuye a la concienciación social. Debido a que por un lado, posibilita analizar y explicar la comprensión de la complejidad, el detalle, el contexto y la interacción social; por otro lado, la transformación social y emancipación porque considera a la investigación como un proceso interactivo entre el investigador y los participantes que privilegia las palabras y perspectivas de las personas (Iño, 2018, p.105).

En este orden, se consideró pertinente emplear métodos de corte cualitativo para el presente ejercicio para reconocer las características de la población y con esto observar el proceso de enseñanza y de aprendizaje que se alcanza a partir de una implementación de una

estrategia didáctica que aborda una temática propia de las ciencias naturales. Las fases empleadas se citan a continuación:

✓ **Fase I: Interpretando la realidad.** En este primer momento de la investigación se hizo un proceso de inmersión en una institución educativa para conocer a profundidad las dinámicas que se presentaban en un aula de clase. Allí se realizó un ejercicio de observación participante, donde se pudo analizar la práctica del docente titular, la forma como concebía la enseñanza de las ciencias y los orientaba con jóvenes en un rango de edad entre los 14 y los 17 años. Se plantearon cuestionamientos sobre los ejes conceptuales y acciones de pensamientos señaladas en la política pública y se identificó los intereses, y habilidades de los estudiantes para abordar diferentes temáticas en las clases de físico. La revisión de estos aspectos llevó a configurar el planteamiento del problema de la presente investigación.

✓ **Fase II: Revisando la teoría:** Después de tener una caracterización del proceso de enseñanza y aprendizaje y de identificar la existencia de autores que promueven el estudio de temáticas de física moderna en la educación básica y media y la importancia de la modelización matemática para representar fenómenos físicos, se comenzó a estudiar a profundidad el fenómeno de superposición. Logrando plasmar algunas ideas que son la base en la construcción de la estrategia didáctica. En ese orden, no solo se estudiaron temas disciplinares, también se buscó la comprensión de los objetivos de educación científica en la secundaria, para atribuirle sentido a la planeación de la ruta didáctica.

✓ **Fase III: Diseñando y aplicando, otro ejercicio de inmersión en el aula.** Durante esta fase se diseñó la estrategia didáctica en la que se reúnen las reflexiones alcanzadas en las fases anteriores. Para esto se planeó un conjunto de actividades con una intencionalidad particular, para aproximar a los estudiantes a la idea del concepto de superposición. De nuevo se realiza una inmersión en aula para conocer los alcances de la estrategia didáctica y las comprensiones que alcanzan los estudiantes después de la implementación de los ejercicios propuestos.

✓ **Fase IV: Análisis de los resultados:** A través de la implementación de la estrategia didáctica se realiza la recolección de datos, los cuales se obtienen de distintas maneras, de las

respuestas orales, de las relaciones y gestos, de la participación en general y de las respuestas que dan de manera escrita y a través de representaciones (dibujos). Las primeras acciones fueron registradas a través del diario de campo y las demás quedan en las guías de trabajo. Para el análisis, se organizó y se clasificó la información haciendo uso de una matriz para cada una de las preguntas, facilitando de este modo la interpretación de los datos.

3.2 Descripción de la población

Este trabajo de investigación se implementó en una institución educativa ubicada en el municipio de Soacha Cundinamarca, de carácter privado, que promueve valores y el desarrollo de la ciudadanía a través de un modelo pedagógico basado en la formación religiosa y moral. Se contó con la participación de estudiantes de grado noveno, sus edades se encuentran entre los catorce (14) a los diecisiete (17) años. Los estudiantes manifiestan agrado por las clases de física, pero enuncian que en algunas ocasiones no alcanzan a comprender las temáticas por los tiempos que se dan para su desarrollo y que implican procedimientos algebraicos que en algunos casos no recuerdan. Sin embargo, resaltan que el abordaje de fenómenos físicos dentro del aula es una oportunidad para comprender el mundo que les rodea. Mencionan que aprender física, no solo les permite aprender cosas de sus contextos, si no que los lleva a entender situaciones que suceden en sus programas de televisión favoritos, porque allí se habla de la caída de los cuerpos, de la fuerza, la energía y que estos son conceptos fundamentales en la disciplina.

Los estudiantes se muestran receptivos en las clases, preguntan, toman notas en sus cuadernos y desarrollan los ejercicios propuestos por el maestro titular. En sus diálogos resaltan que en algunos casos las explicaciones en el tablero se vuelven tediosas, pero son necesarias para estudiar los diferentes temas. Los momentos que más disfrutaron de las clases de física, son aquellos en los que pueden salir del salón y realizar mediciones o simplemente cuando se hacen experiencias sencillas dentro del aula, debido a que es escaso el material que tienen para hacer montajes experimentales.

Se evidenció que los estudiantes tenían varias preguntas acerca de los orígenes de la ciencia, ¿qué se estudia en la física actualmente?, ¿por qué se habla de física clásica y moderna?

Esto resulta fundamental que sienten el interés por conocer cómo funcionan diferentes herramientas tecnológicas, preguntan por los satélites, por el celular, por películas futuristas, entre otros, que resulta de gran importancia al momento de proponer caminos didácticos dentro del aula.

3.3 Descripción de la estrategia didáctica

Se asume una estrategia didáctica como la organización de un conjunto de acciones o de actividades orientadas a un plan de estudios que promueve el docente para que sus estudiantes aprendan. Jiménez y González (2016), reúnen una serie de definiciones que se sintetizan en la tabla 1, lo que permite ampliar la concepción de lo que demanda el concepto.

Tabla 1

Definiciones de estrategia didáctica

Definición de estrategia didáctica	Autor(es)
El concepto de estrategia didáctica acoge tanto métodos, como medios y técnicas, considerando que el concepto proporcionaba mayor flexibilidad y utilidad en el proceso didáctico	Colom, Salinas y Sureda (1988)
Conjunto de acciones que se proyectan y se ponen en marcha de forma ordenada para alcanzar un determinado propósito. Plan de acción que pone en marcha el docente para lograr los aprendizajes	Tobón (2010)
Procedimientos que se utilizan en forma reflexible y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos”	Díaz Barriga (2010)

Nota. Tomado y adaptado de Jiménez y González (2016)

En las próximas líneas se pretende abordar detalladamente la estructura de la estrategia didáctica con la que se buscaba que los estudiantes participaran de manera activa para tener una aproximación al concepto de superposición. En este orden, se constituyó un documento con cuatro momentos, los cuales tenían una intencionalidad didáctica, los cuales se describen a continuación.

- ✓ **Momento I: Al ritmo de las ondas.** La finalidad de este momento es despertar el interés de los estudiantes sobre el concepto de onda. Se parte de la idea que el movimiento de su propio cuerpo lo puede llevar a evidenciar características del fenómeno y lo que implica hacer una clasificación de las ondas teniendo en cuenta la dirección de vibración.
- ✓ **Momento II: Hablemos de la superposición:** En este momento se realiza el abordaje

teórico de la idea de superposición. Se plantean un conjunto de actividades que le permiten al estudiante ir descubriendo las aplicaciones del término a partir de experiencias, en las que debe plantear hipótesis al respecto e ir argumentando las situaciones que observa.

- ✓ **Momento III: Analizando situaciones ando.** Para este momento se dispone de un conjunto de situaciones que implica que los estudiantes hagan uso de la lógica y de la observación para que puedan describir en detalle lo que ocurre en cada caso. Se espera que el estudiante coloque en práctica los conocimientos adquiridos en el momento II.
- ✓ **Momento IV: Planteándonos retos -El misterio del Salón -** Tomando como referencia la Teoría de la Gato de Schrödinger, para hacer que los estudiantes planten conclusiones de casos que hacen parte de su cotidianidad.

En la Tabla No. 2. Se presentan de manera general los momentos y cada una de las actividades propuestas.

Tabla 2

Momentos y actividades de la estrategia didáctica

Momento	Nombre	Actividades propuestas
I	Al ritmo de las ondas	- Ejercitémonos al ritmo de las ondas
II	Hablemos de la Superposición	- Construyamos entre todos el concepto - Una consulta resulta interesante: El Experimento de Young (de la doble rendija) y el experimento del gato de Schrödinger - Dialoguemos con nuestro maestro
III	Analizando situaciones ando	- Experimento mental: El caso del futbolista. El caso de la piscina. - Experimentemos: ¿Qué pasa con la luz?
IV	Planteándonos retos -El misterio del Salón	- Situaciones de análisis: ¿Qué pasa con el salón de al lado? - Evaluación del proceso

3.3.1 Descripción de las actividades

A continuación, se presentan las actividades que conforman cada uno de los momentos de la estrategia didáctica

3.3.1.1 Momento I: Al ritmo de las ondas

El momento I, Al ritmo de las ondas, lo constituye la actividad *Ejercitémonos al ritmo de las*

ondas, el cual tiene como objetivo que los estudiantes reconozcan la diferencia entre ondas longitudinales y transversales, por otra parte, se pretende introducir la noción de superposición a través de actividades lúdicas. Los estudiantes deben formar grupos máximo de 10 estudiantes, de acuerdo con la explicación realizada, deben recrear con sus propios cuerpos como se puede llegar a representar una onda longitudinal o transversal. Esta actividad se desarrolla en dos partes. Inicialmente se profundiza en forma teórica sobre aspectos fundamentales de las ondas como lo son: sus partes, representaciones y clasificación de estas. En la segunda parte se implementa la actividad lúdica o corporal de la siguiente forma:

1. Se recuerda que existen distintos tipos de ondas.
2. Se invita salir a los estudiantes al patio y ubicarse de manera circular.
3. Se pide a los estudiantes que replique el movimiento de “ola” (famoso en los estadios de fútbol), según lo visto en clase tendrán que indicar que tipo de onda se asemeja ese.
4. Se solicita a los estudiantes que extiendan sus manos al frente y que uno de ellos le dé un golpe a la mano de su compañero, a su vez se pide a los demás alumnos que continúen la secuencia semejante a la representación de un resorte. Se divide el grupo en dos, una mitad de los estudiantes que simularan un movimiento ondulatorio en dirección horaria mientras que el otro en sentido contrario y se les plantea la siguiente pregunta. ¿De acuerdo con lo visto en clase que debería pasar cuando los movimientos ondulatorios se encuentren?
5. Se realiza una reflexión de modo de cierre para esta sesión

3.3.1.2 Hablemos de la Superposición

En este momento se implementará una comunidad de indagación, para poder darle un significado a la palabra superposición en física, el maestro es el moderador de los grupos de trabajo. Esta actividad se desarrolla por partes. En una primera etapa se centra la atención en las reflexiones que se llegaron a obtener en el momento I, para hacer una retroalimentación del ejercicio. En segunda etapa los estudiantes se organizarán en grupos de 5 o 6 personas.

Los estudiantes inician con un listado de términos que pueden asociar al término de superposición y retomando el movimiento de las manos. A partir de las consultas realizadas comienzan a identificar términos que no conocen y identificar su significado para construir un pequeño escrito que les permita consolidar como grupo una definición sobre lo qué es la

superposición. Si es necesario pueden recurrir a ejemplos o a dibujos. Lo mismo se realiza, con las consultas previas realizadas del experimento de Young (doble rendija) y el gato de Schrödinger. Se solicita que realicen un conjunto de preguntas para que el docente moderador pueda resolverlas y profundizar en el tema.

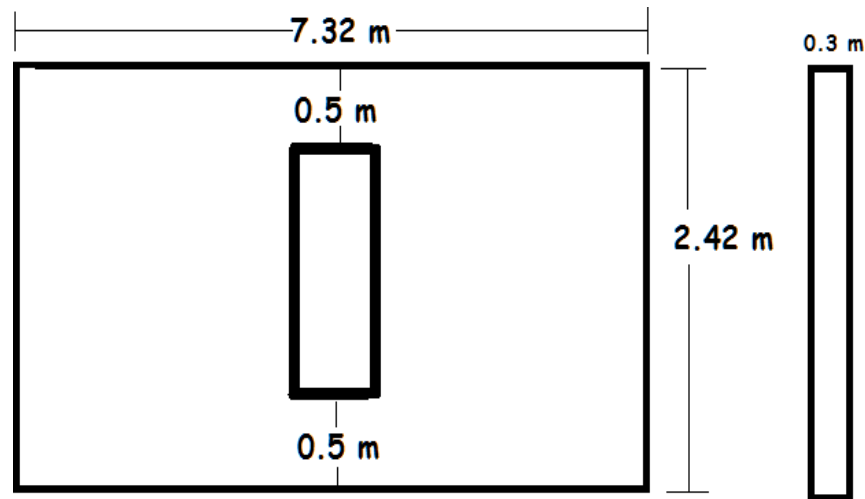
3.1.1.3 Analizando situaciones ando

Este tercer momento, se desarrolló en tres etapas claves, 1) intervención de los estudiantes sobre el experimento de Young. 2) Construcción de una actividad experimental, 3) Discusión en clase sobre el gato de Schrödinger y 4) análisis de situaciones. Con esta serie de actividades intenta estimular en los estudiantes, la imaginación y la creatividad a la hora de desarrollar experimentos mentales, las cuales se centrarán en la construcción del experimento de Young, utilizando partículas y ondas, en donde conoceremos los siguientes casos: El caso del futbolista y el caso de la piscina. Las experiencias fueron explicadas por el docente de tal manera que los estudiantes, haciendo uso de diferentes recursos como dibujos y preguntas orientadoras realizaron la construcción de estos fenómenos.

1. **El caso del Futbolista:** Se pidió, a los estudiantes que visualicen una cancha de fútbol, la cual va a tener un obstáculo, este obstáculo presenta las siguientes condiciones: Al frente de la cancha tendrá un gran acrílico, del mismo tamaño de la portería. En la parte central tendrá una rendija cuyo ancho es seis centímetros más que el ancho del balón, en la base de la rendija debe tener medio metro de alto, de igual manera la parte superior debe tener medio metro y el grosor de la lámina corresponde a unos 0.3 metros como se ve observa en la Figura 6. La lámina estará situada a una distancia de la portería de unos cinco metros y medio de esta, al igual que el punto de lanzamiento penal. Un jugador se situará en este punto para poder atinar al arco a través de este tipo de barrera. Se les preguntará a los estudiantes lo siguiente: ¿Qué pasa con los balones de fútbol?, Si pudiera ver los balones que entran a la cancha, que forma tendrían dichos balones? ¿Qué pasa si colocamos otra rendija?

Figura 6

Dimensiones de la actividad para el caso del futbolista con una sola rendija

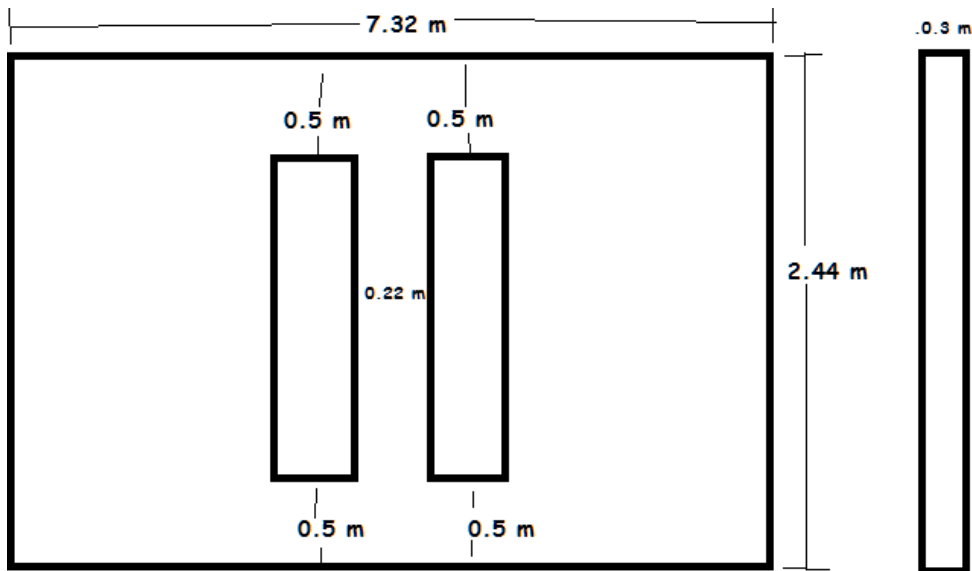


Nota. Construcción realizada por el autor

Ahora nos centraremos que pasaría si encontramos dos rendijas, en la lámina que imaginamos anteriormente. En la parte central hay una sección con una distancia de 0.22 centímetros o mejor dicho una distancia aproximada al balón de fútbol, al lado de esa sección se encuentran las dos rendijas, las cuales tiene una apertura de un balón de fútbol con más de seis centímetros, la parte superior de las dos rendijas tiene una distancia de medio metro cada una, la parte inferior tiene una distancia de medio metro, se las dos rendijas son iguales y tiene las mismas medidas, ninguna es más grande o más pequeña que la otra como se observa en la Figura 7. Un jugador se para en la zona de penal y patea el balón a una de las dos rendijas. Se les pregunta a los estudiantes ¿Qué pasa con los balones de fútbol? ¿Si pudiera ver los balones que entran a la cancha, que forma tendrían?

Figura 7

Dimensiones de la actividad para el caso del futbolista con doble rendija



Nota. Construcción realizada por el autor

2. **El caso de la piscina:** Teniendo en cuenta que los estudiantes poseen una representación sobre la forma cómo funciona el experimento de Young cuando se usan objetos concretos que pueden ser asumidos como partícula (balones de fútbol), se procederá a trabajar con las perturbaciones que generan ondas en el agua, para lo cual se tiene las siguientes condiciones:

- a) Se les pide imaginar a los estudiantes una piscina llena de agua.
- b) En uno de los extremos de la piscina se va a tener una barrera igual que la figura 6.
- c) Suponga que una persona se lanza de bala de cañón en la piscina, generando ondas en el agua.
- d) Cuando las ondas en el agua lleguen a la barrera, se les realizará las siguientes preguntas a los estudiantes: ¿Qué pasa con las ondas? ¿Cuántas ondas se generan al momento de salir de la barrera? ¿Qué pasaría si la barrera tiene dos aberturas?
- e) Se procede a realizar el experimento mental con dos rendijas. Ahora en la piscina se coloca una barrera idéntica como se ve en la Figura 7. Si un clavadista se lanza en bala de cañón a la piscina este generará ondas en el agua. Se les realiza las siguientes preguntas a los estudiantes: ¿Qué pasa con las ondas de agua cuando

lleguen a la barrera? ¿Será que se generará más de una onda al momento de salir de la barrera? ¿Qué pasa con las ondas de agua cuando chocan con otras ondas de agua?

Después de estos análisis se realizará uno de los montajes experimentales cruciales para la física, el cual fue planteado por Thomas Young, en donde un haz de luz pasa por dos rendijas y genera un patrón de interferencia. Anteriormente los estudiantes plantearon sus ideas de cómo funcionaba este experimento usando un objeto u onda a través de dos rendijas, ahora tendrán la oportunidad de corroborar sus hipótesis. Para esto se requiere una linterna o un láser, una placa con una rendija, una placa con dos rendijas. Los estudiantes harán el registro de lo que observan en su cuaderno.

3.1.1.4 Planteándonos retos -El misterio del Salón

En este momento, se socializarán los resultados de la comunidad de indagación sobre el gato de Schrödinger, propuesta en el momento II, la cual, tenía por objetivo que conociéndonos situaciones distintas que evidencien la idea de superposición. Para reforzar dicha consulta se plantean las siguientes actividades:

Para poder entender el experimento debemos tener en cuenta el salón de al lado, como en este se no se escucha algún tipo de ruido, los estudiantes plantearan sus ideas de que sucede allí. Otro grupo que permanece en el salón contiguo contará cuales de sus hipótesis son falsas o verdaderas. El estudiante deberá expresar la relación de esta experiencia con la idea de superposición.

Finalmente, para revisar las comprensiones alcanzadas se solicita a los estudiantes que elaboren una historieta con los elementos que llamaron más su atención en el desarrollo de la estrategia didáctica.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este apartado del trabajo de grado presentaremos los resultados que se alcanzan con la implementación de la estrategia didáctica que moviliza el trabajo de investigación. Para esto se tendrán en cuenta, los momentos descritos en el capítulo III. En términos generales se puede enfatizar que los estudiantes asumen con buena actitud cada de las actividades propuestas y logran los objetivos propuestos para cada uno de ellos. La implementación se llevó a cabo en 6 sesiones de clases de 60 minutos y se dinamizó con las explicaciones dadas por el docente lo que facilitaba la comprensión de la temática.

- **Momento I: Al ritmo de las Ondas**

El iniciar un proceso de enseñanza es una tarea desafiante, más cuando se usan temáticas que no son abordadas de manera regular. Al explicar los objetivos de la estrategia didáctica, los estudiantes se mostraron atentos y receptivos a trabajar. Como se indicó en líneas anteriores los jóvenes manifiestan alegría cuando se realizan actividades fuera del salón, sin embargo, esto implica establecer compromisos para no perder el horizonte de la clase. La actividad de tener como referente su propio cuerpo y realizar movimientos, en estas edades, es difícil. Declaran vergüenza y están sujetos a la aprobación de sus compañeros. Si bien, la lúdica es una herramienta que posibilita la construcción de conocimiento, se debe tener en cuenta la población y sus dinámicas para evitar situaciones que los afecte emocionalmente.

Sin embargo, cuando se unen al ejercicio, la mayor parte de los estudiantes alza las manos y se ríen de manera constante. El trabajo de vincular este ejercicio con la teoría física permitió que los estudiantes expresan cosas como: “Alcen más las manos para que se vea bien la onda”, “háganlo más rápido para que se vea bien”, tenían la preocupación de hacer de manera correcta el ejercicio y en su vocabulario se incorporó el término “onda” de manera natural. Para los estudiantes resulta sencillo caracterizar una onda longitudinal, posiblemente porque el movimiento de las manos de los estudiantes va de derecha a izquierda. Sin embargo, resultó más complejo de abordar las características de una onda transversal. Los estudiantes, con sus manos transfieren la orden de “pasar” una palmada, esto les permite cuestionarse, qué es lo que se transfiere con la

perturbación, llegando a verbalizar que es energía. “Es el impulso, o la energía, lo que siente mi compañero, porque mi mano no se va con él”. Asimismo, se destaca en las respuestas de los estudiantes las siguientes apreciaciones: “la onda transversal a diferencia de la longitudinal va hacia arriba, como las olas en el mar”, colocando en escena, que conciben que existen diferencias entre las ondas longitudinales y transversales.

El ejercicio de representar la superposición de las ondas con la actividad de las palmas, al principio generó confusión se realizaron varios intentos para poder armonizar el ejercicio. Pero ellos mismos explican que “Unen” los movimientos, entonces, la unión y la agrupación para ellos son términos claves al momento se hablar de la superposición.

- **Momento II - Hablemos de la Superposición**

Las comunidades de indagación son una estrategia de aprendizaje que posibilita la construcción de conocimiento científico escolar. Para este caso, se tuvo como detonante la última actividad realizada con las manos con la que se buscaba representar “una superposición del movimiento”. A la hora de explicar el término “superposición” los estudiantes participaron en la lluvia de ideas, algunos se centraban en la dificultad de sincronizar los movimientos y otros en señalar, quienes eran los responsables de que el ejercicio no se realizará de la mejor manera. Después de superar esta etapa y volviendo a la preocupación de analizar el fenómeno de la superposición cada grupo intentó describir el término. Para ello pudieron hacer uso de la información que había sido consultada de manera previa y se logró construir una nube de palabras en el tablero. Los estudiantes cada vez fueron más rigurosos, en no emplear términos de la cotidianidad, sino aquellos que se relacionaban de manera directa con las explicaciones físicas.

El papel del docente es fundamental, teniendo en cuenta que debe mediar entre las explicaciones que realiza el estudiante y las que se dan en el marco de la disciplina, dando sentido y significado a cada uno de los términos mencionados por los estudiantes. Los jóvenes participaron del ejercicio y tomaron nota de las construcciones colectivas alcanzadas. Al intentar consolidar una definición por grupo se encuentran las siguientes definiciones:

- Es cuando se reúnen ondas, las cuales cuentan con una fuerza se van agrupando o también

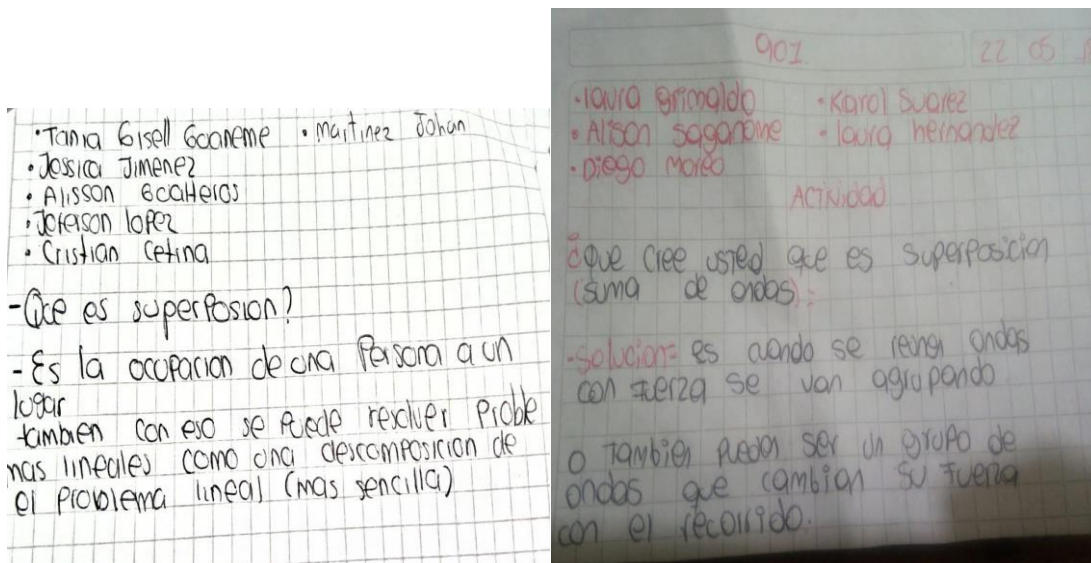
puede presentarse el fenómeno con un grupo de ondas que cambian su fuerza con el recorrido (Grupo 1)

- La superposición son ondas entrelazadas, por eso se denominan ondas, ya que son varias que se encuentran unidas (Grupo 2)
- Al momento que dos ondas se encuentran pueden crear una onda más grande que las otras dos. (Grupo 3)

Los estudiantes expresan que es importante en este caso centrarse en el campo de la física porque pueden cambiar el sentido de las expresiones. Se encontró que la gran mayoría de los grupos pueden llegar a algunas características de la superposición, como la intensidad de la onda, la suma de dos o de más ondas, la onda resultante puede llegar a ser más o menos grande. En la Figura 8, se observan algunos de los registros de la forma como describen la superposición teniendo en cuenta las definiciones empleadas por los diccionarios o en diferentes fuentes.

Figura 8

Descripción realizada por los estudiantes sobre la superposición



La revisión teórica de los experimentos de Young (de la doble rendija) y el gato de Schrödinger, fue más compleja de realizar a través de este método. Algunos mencionaban que habían escuchado este último, pero que no comprendían muy bien de que trataba. En ese orden, se dificultó realizar la lluvia de ideas como en el ejercicio anterior. Para esto cada grupo tomó la

información consultada para la clase. Se hizo la lectura en cada uno de los pequeños grupos, se identificó y consultó palabras desconocidas. Se resaltó en color, las ideas que no eran claras y se consultaba al docente su significado. Este demandó mayor tiempo del estimado. Este ejercicio permitió concluir dos aspectos: Los jóvenes pueden encontrar a través de diferentes fuentes información relacionada con los objetos de estudios, pero se requiere en la mayoría de los casos de un mediador, para poder guiar la interpretación del contenido. Se necesita orientar sobre páginas web y documentos que sean asequibles y comprensibles con su nivel cognitivo. Algunos estudiantes llevaban textos básicos pero que explicaban la temática y era fácil seguirlos por la redacción, pero en otros casos, se manejaba un lenguaje muy técnico, lo que obstaculizaba aún más la comprensión.

Después de este momento, los estudiantes llegaron a conclusiones generales sobre. 1) la vida y obra de Young, 2) su interés por hablar del comportamiento de la luz como onda y 3) Hicieron una representación del experimento. No se consideró pertinente mostrar imágenes de este para no afectar la siguiente fase de la estrategia didáctica. En cuanto a las lecturas del Gato de Schrödinger, llamó su atención el indicar que era un experimento mental, teniendo en cuenta que están acostumbrados a emplear la palabra a términos referidos a la práctica, al hacer. Se da un momento interesante en la medida que consideraban que todos los fenómenos o estudios de la física correspondían a actividades que se realizan dentro un laboratorio. Esto permitió ahondar en las perspectivas que tienen sobre la forma como se construye la ciencia.

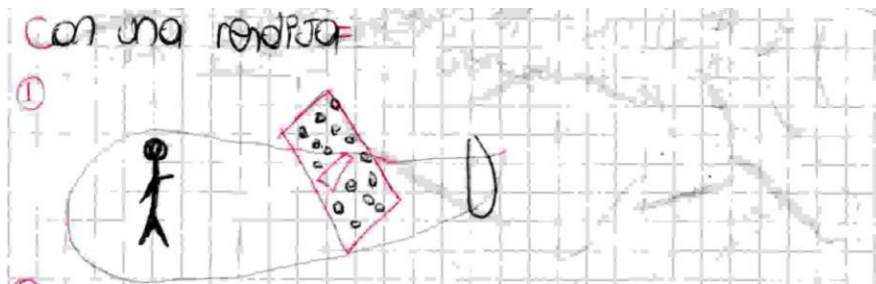
Se tuvo que explicar en qué consiste el término de paradoja, debido a que no comprendían exactamente su significado. Este tema generó varios cuestionamientos y manifestaban que era difícil establecer en esta experiencia el principio de superposición analizados hasta este momento. ¿Por qué se dice que está vivo o muerto? Se intentó explicar la existencia de mundos paralelos. Es importante precisar que un pequeño grupo de estudiantes no trascendió en el estudio, otros lograron expresar que el ejercicio de reflexión se relacionaba con la dualidad que existe al estudiar la luz y saber si esta se comporta como onda o partícula.

- **Momento III - Hablemos de la Superposición**

Para este momento no se había planeado explicaciones sobre lo que implicaba el experimento mental, pero el diálogo que se produjo en la sesión anterior permitió que los estudiantes plasmaran sus ideas en papel para poder, a partir de ejercicios de lógica, proponer una hipótesis de lo que sucedía. Para ellos fue más fácil hacer el ejercicio del futbolista, porque era claro que la luz se asemejaba a la pelota, cumplía la misma función al pasar por la rendija. En ese orden, se evidencia que los estudiantes interpretan de una manera adecuada lo que pasa cuando un objeto es golpeado por la rendija, algunos de ellos consideran que la gran mayoría de los balones no logran entrar a la rendija como se evidencia en la Figura 9.

Figura 9

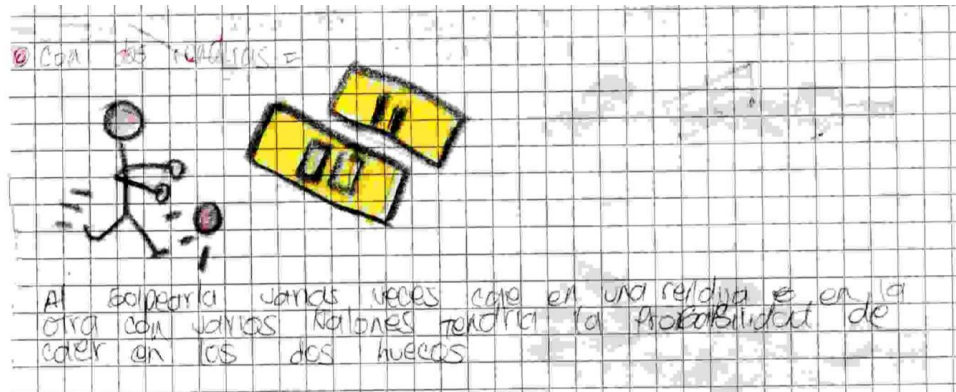
Representación realizada por un estudiante sobre el caso del futbolista



Cuando, se tienen las dos rendijas, los comentarios de los estudiantes se centran en precisar que, si era difícil con una sola barrera al tener dos, serán más los balones que no podrán pasar hasta el arco. Se tendría que hacer el ejercicio varias veces para, pero se reduce la probabilidad que este atraviese los dos “huecos”, Como se observa en la Figura 10

Figura 10

Representación realizada por un estudiante sobre el caso del futbolista con dos obstáculos



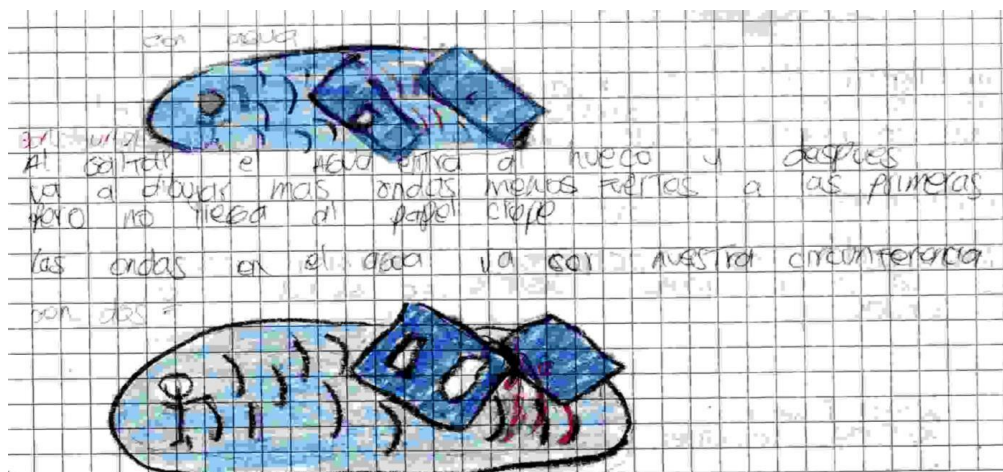
Es de notar, que en este primer ejercicio llevó a los estudiantes a pensar de manera directa

en las explicaciones realizadas por Young, Preguntaban constantemente si el balón podría ser asumido como la partícula que cruza a través de la rendija, pero no se logró movilizarlos a lo que implica hablar del “patrón de interferencia”, para analizar cuando la luz se comporta con onda. Sin embargo, si se determinó en que existe incertidumbre sobre cual balón podrá pasar por una o por las dos rendijas. Para los estudiantes, resulto más cómodo hacer huecos en una hoja de papel para poder interpretar la situación que estructurar el plano en la misma hoja, lo que pone en relieve que a pesar de estar en una edad entre los 14 y los 17 con un desarrollo cognitivo que demanda determinado grado de abstracción, resulta más conveniente el uso de material concreto para avanzar en las comprensiones.

Al realizar el análisis del caso dos denominado *El caso de la piscina*, uno de los comentarios más frecuentes era que para generar las “olas” y que estas llegaran a los “obstáculos” dependía de la fuerza con la que la persona se lanzara en la piscina. Si el agua atraviesa la primera rendija no pasaría nada. Pero al momento de colocar las dos rendijas, cuando las ondas entran en esta, se van a crear más ondas al chocar con las paredes, en donde cada una de ellas se encontrarán y se crearán otras más pequeñas y se unirán, posteriormente con la ayuda del docente denominaron a este fenómeno patrón de interferencia. En la Figura 11, se observa una representación de los estudiantes, donde asemejan la situación con una superposición de ondas.

Figura 11

Representación realizada por un estudiante sobre el caso de la piscina

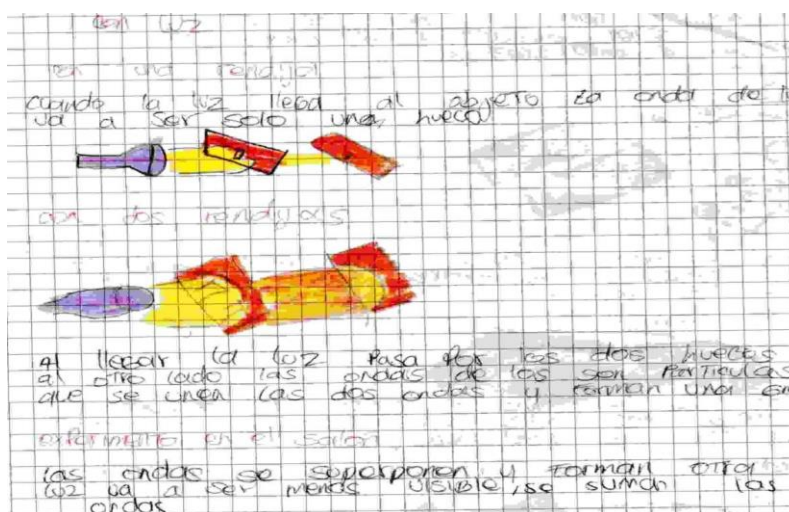


En la siguiente sesión Experimentemos: ¿Qué pasa con la luz? los estudiantes interpretan

diferentes explicaciones para el caso con luz ya que al momento de hacer la actividad las condiciones no fueron óptimas para el montaje, ya que en el espacio donde se estaba realizando tenía poca oscuridad. Sin embargo, al momento de incidir la luz en la rendija, se pudo ver que solo se generaban dos líneas de luz, el cual coincidía con algunas explicaciones dadas para el caso de la piscina, entonces llegaron a la conclusión que la luz era una onda que también se podía superponer (Figura

Figura 12

Diagrama y conclusiones de un grupo frente al experimento



• **Momento III - Planteándonos retos -El misterio del Salón**

Los estudiantes comenzaron a establecer un conjunto de conjeturas referentes a lo que sucedía en el salón del lado, salieron a educación física, otro de ellos dijo que sus compañeros estaban presentado un examen, otro plantea que sus compañeros estaban durmiendo en clase de matemáticas, llegando de este modo a concluir que no era fácil decir con precisión lo que ocurría al mismo tiempo en otro lugar, se podría pensar un número indeterminado de situaciones sin poder establecer un juicio de valor – establecer si está bien o mal - .

Esto llevo a relacionar la situación de la experiencia del Gato de Schrödinger. Afirmaban en términos jocosos, están y no están dentro del salón, lo que llevaba a pensar que podía presentarse la simultaneidad de los procesos. No se puede determinar que tanto fue el grado de comprensión

que alcanzan los estudiantes con este ejercicio, debido a que se vio cortado el ejercicio por cuestiones de la institución. Lo que se puede evidenciar es que los estudiantes se apropiaron de términos como el de superposición, el efecto de las rejillas y el comportamiento de la luz.

Esto se corrobora con las historietas creadas por los estudiantes, las cuales se encuentran en el Anexo No. 1 de este trabajo. Comienzan a señalar explicación términos asociados a la perturbación, energía, superposición, la doble rendija, los cuales asumen de manera correcta a la hora de señalar explicaciones particulares de fenómenos.

CONCLUSIONES

Realizar una estrategia didáctica para abordar el tema de superposición en estudiantes de grado noveno, es una oportunidad para revisar la forma como se aborda la educación científica en el aula. El papel del maestro y los ambientes de aprendizaje juegan un papel fundamental para desarrollar habilidades de pensamiento científico en jóvenes. Con el fin de responder la pregunta que moviliza el presente ejercicio, a continuación, se presentan las conclusiones referidas a los diferentes apartados que constituyen el informe de investigación.

La pregunta que orientó el ejercicio fue ¿Qué características debe tener una estrategia didáctica que favorezca el estudio de la superposición de ondas en grado noveno? en relación con ello podemos citar que existen tres elementos relevantes a tener en cuenta para realizar diseños didácticos en este contexto:

- El juego es una herramienta que permite captar la atención de los estudiantes, sin embargo, este debe estar sujeto a los intereses de los estudiantes. En el caso de este trabajo, se generó resistencia al inicio de la actividad, pero luego fueron involucrándose con él. Esto pone evidencia que este grupo de estudiantes no estaba familiarizado con este tipo de prácticas porque las clases de ciencia se supeditan a las explicaciones magistrales el mayor número de veces.
- Si bien, varios autores señalan que los estudiantes en estas edades han alcanzado determinado grado de abstracción, se requiere hacer uso de material concreto y la realización de montajes experimentales que les permita hacer representaciones de diferente orden. El papel del modelo aproxima a los estudiantes a representaciones que emplea la ciencia para abordar explicaciones de determinados fenómenos.
- En el caso del tema de la superposición de ondas, las explicaciones detalladas permiten que los jóvenes exploren de diferente forma la física. Las personas somos curiosas por naturaleza, pero en la juventud no emplean tanto el papel de la pregunta para avanzar en sus aprendizajes – este hecho se atribuye a aspectos sociales – pero cuando logran tener vínculos con las explicaciones, se muestran receptivos. En este caso, se considera oportuna el uso de las comunidades de indagación para avanzar en los constructos, esto no solo

permitió conocer las teorías físicas sino en el desarrollo de habilidades lectoescritoras.

En cuanto al objetivo *Identificar a través del diseño e implementación de una estrategia didáctica los elementos que favorecen el estudio del principio de superposición en estudiantes de grado noveno*, se establece que es necesario antes de abordar la temática y ejemplos particulares se debe precisar elementos sobre las perturbaciones mecánicas y las características de las ondas. Este hecho posibilita que los estudiantes tengan mayores argumentos a la hora de abordar el comportamiento asociado al movimiento de partículas y movimiento ondulatorio. En este caso, se realizó solo un ejercicio descriptivo del fenómeno, no se empleó elementos de la modelización matemática porque requiere de procedimientos y uso de algoritmos que aún no se trabajan en el nivel educativo. Se precisa que la intención era hacer que los estudiantes tuvieran la oportunidad de abordar situaciones relacionadas con el tema de la superposición.

Un factor relevante es comenzar a trabajar el papel del experimento mental como estrategia que permite fortalecer la lógica y la estructuración del pensamiento y con ello potencializar los grados de abstracción de los estudiantes. Los participantes cumplieron con los objetivos propuestos, aunque esto implicó de la intervención continua del docente para alcanzar el registro escrito y el uso diagramas como estrategia para exteriorizar las comprensiones.

En cuanto a la estructura de la estrategia didáctica se puede señalar que tuvo impacto en la comunidad participante, los estudiantes estuvieron atentos a realizar la ruta de aprendizaje. La principal fortaleza se da en la diversidad de actividades propuestas, lo que permitía que los estudiantes exploraran diversas capacidades. Un aspecto por fortalecer son los tiempos empleados para la implementación. En los últimos encuentros fue muy limitado lo que no permitió dialogar a profundidad con los estudiantes. Para una próxima oportunidad se requiere revisar la situación del misterio del salón del lado, a pesar de que los estudiantes logran verbalizar situaciones que pueden ocurrir, no hubo una relación estrecha con lo que implica el principio de Superposición.

Por otro lado, se considera que los estudiantes llegaron a darle un significado al concepto de superposición, debido a que lograron incorporarlo de manera natural en sus argumentos. Se generaron ambientes con los que se transformó sus concepciones iniciales, al principio las

dinámicas les generaron muchas dudas y un choque con respecto a lo que creían y lo que se fue modificando con los ejercicios propuestos. Intentaron plasmar sus comprensiones en una representación en forma de historieta, donde pusieron en juego su imaginación, para crear una explicación, usaron un nuevo conocimiento y logrando transmitirlo a otras personas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso Rojas, K. (2022). *Micromundo para la enseñanza del concepto de sistema, estado y superposición desde la mecánica clásica y cuántica en estudiantes de grado octavo* [Tesis de grado licenciatura en física, Universidad Pedagógica Nacional]
<http://hdl.handle.net/20.500.12209/18007>
- Asencio-Cabot, E. (2017). La educación científica: percepciones y retos actuales. *Educación y Educadores*, 20(2), 282–296.
<https://doi.org/10.5294/edu.2017.20.2.7>
- Blanco - López, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1(2), 70–86.
- Bragado, I. (2003). *Física General*. Ediciones de la Universidad Complutense de Madrid.
- Castañeda, R. (2018). ¿Requiere la interferencia de la superposición de ondas como principio físico?. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(161), 466-478.
- Durrell, L., Sears, F., & Young, H. D. (1998). *Física Universitaria - Tomo 1*. Addison Wesley Longman.
- Giancoli, D. C. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. Pearson.
- Hernández-Nolasco, Ricárdez-Vargas, & Orozco-Guillén (2007). *Estudio del experimento de Young empleando el método de diferencias finitas en el dominio del tiempo*. *Revista colombiana de física*, 215–223.
- Huamán, D. (2014). *La enseñanza de las Ciencias Naturales en la Educación Básica*. Educrea.
<https://educrea.cl/wp-content/uploads/2016/07/DOC1-ensenanza-de-las-ciencias.pdf>
- Iño, W. (2018). Investigación educativa desde un enfoque cualitativo: la historia oral como método. *Voces de la educación*, 3(6), 93–110.
- Jiménez, A., y González (2016). Las estrategias didácticas y su papel en el desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje. *Educateconciencia* 9(10). 106-113
- Mendoza Cely, D. M., y Roza Clavijo, M. (2011). El principio de superposición de estados, a partir de los estados de polarización de una onda monocromática. *Revista científica*, 1(13), 61-65

- Ministerio de Educación Nacional. (Julio de 2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*.
https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Organista, O., Gómez, V., Jaimes, D., y Rodríguez, J. (2007). Una idea profunda en la comprensión del mundo físico: el principio de superposición de estados. *Latin American Journal of Physics Education*, 1(1), 83-88.
- Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza de las Ciencias Revista de investigación y experiencias didácticas*, 28(1), 5–18.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3617>
- Serway, R., & Jewett, J. (2014). *Física Para Ciencias E Ingeniería Vol. I*. Cengage Learning Editores.
- Soldovieri, T. (2016). *Física general una introducción a los fluidos, vibraciones y termodinámica*. Universidad del Zulia.
- Tacca, D. (2011). La enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica. *Investigación Educativa*, 14 (26), 139-152.
- Vázquez-Alonso, Á., Díaz, J., y Manassero, M. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 4(2), 1-31
- Yaguana, A., y Merchán, L. (2022). Ambientes educativos para el aprendizaje en Ciencias Naturales. *Illari* (10), 52 -58.

Anexo 1: el paseo de las ondas.



Anexo 2: Nick y la superposición



Anexo 3: superposición clásica & cuántica

