INTEGRACIÓN DE SIMULADORES COMO ESTRATEGIA STEM EN LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS



PABLO LUIS RODRÍGUEZ ABRIL

Profesor del Magisterio Colombiano, Institución Educativa Enrique Suarez. Investigador en calidad de becario MinCiencias. Investigador del Grupo de investigación TICA de la Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia. Ingeniero Electrónico - Magister en TIC Aplicadas a la Educación.

pabloluis.rodriguez@uptc.edu.co

https://orcid.org/0000-0003-0493-791X

ARIEL ADOLFO RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

Profesor titular de la Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia. Líder e investigador de los grupos de investigación TICA y Tecno-Innovaciones de la Facultad de Estudios a Distancia e investigador del Grupo TelemaTICs de la Facultad de Ingeniería. Investigador en la linea de tecnologías digitales y sistemas de información y TIC. Consultor en e-learning y en transformación digital. Ingeniero de Sistemas Magister en Software Libre – Phd en Tecnología Educativa.

ariel.rodriguez@uptc.edu.co

https://orcid.org/0000-0003-1906-7734

FANNY AVELLA FORERO

Profesora de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en el área administrativa e investigadora del grupo de investigación TICA y Farquima de la Facultad de Estudios a Distancia. Experiencia investigativa en TIC aplicadas a la educación. Experiencia en coordinación de centros, proyectos y capacitación en emprendimiento, así como en la gerencia de empresas y coordinación de procesos administrativos, de mercadeo, logísticos en el sector público como privado. Administradora de Empresas - Especialista en Gerencia Estratégica de Mercadeo - Magister en Administración de Negocios y Phd (c) en Administración de Empresas.

fanny.avella@uptc.edu.co

https://orcid.org/0000-0002-4207-1777

Pablo Luis Rodríguez Abril
Ariel Adolfo Rodríguez Hernández
Fanny Avella Forero

INVESTIGACIÓN
COMPUTACIÓN Y CIENCIA DE LA INFORMACIÓN





INTEGRACIÓN DE SIMULADORES COMO ESTRATEGIA STEM EN LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

Pablo Luis Rodríguez Abril
Ariel Adolfo Rodríguez Hernández
Fanny Avella Forero



EDITORIAL UPTC

INTEGRACIÓN DE SIMULADORES COMO ESTRATEGIA STEM EN LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

Pablo Luis Rodríguez Abril
Ariel Adolfo Rodríguez Hernández
Fanny Avella Forero

FESAD
Facultad de Estudios a Distancia

Enfoque: Investigación
Área OCDE: Computación y Ciencia de la Información
Subárea: Informática Educativa
Colección: Invetigación Subcomité FESAD

Integración de simuladores como estrategia STEM en la educación en ciencias
Integration of simulators as a STEM strategy in science education.

Primera Edición, 2026
Versión digital (ePub)

© Pablo Luis, Rodríguez Abril, 2026
© Ariel Adolfo, Rodríguez Hernández, 2026
© Fanny, Avella Forero, 2026
© Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2026

ISBN (PDF) 978-628-7863-61-3

Proceso de arbitraje doble ciego
Recepción: agosto de 2024
Aprobación: mayo de 2025



Hecho en Colombia - Made in Colombia

Integración de simuladores como estrategia S en la educación en ciencias / Integration of simulators as a STEM strategy in science education/ Rodríguez Abril, Pablo J., Rodríguez Hernández, Ariel A., & Forero Avella, Fanny. Tunja: Editorial UPTC, 2026. 128 p.

ISBN (PDF) 978-628-7863-61-3

Incluye referencias bibliográficas

1. Simulación y educación. 2. estrategia pedagógica con simuladores 3. competencias digitales y simulación. 4. Simulación educativa. 5. TIC y simulación.

(Dewey 375/21) (THEMA JN -Educación)

Rector UPTC
Enrique Vera López

Comité Editorial
Carlos Mauricio Moreno Téllez
Vicerrector de Investigación y Extensión

Yolanda Torres Pérez
Directora de Investigaciones

Óscar Pulido Cortés
Delegado Vicerrectoría Académica

Martín Orlando Pulido Medellín
Representante Área Ciencias Agrícolas

Yolima Bolívar Suárez
Representante Área Ciencias Médicas y de la Salud

Nelsy Rocío González Gutiérrez
Representante Área Ciencias Naturales

Olga Yanet Acuña Rodríguez
Representante Área Ciencias Sociales

Juan Guillermo Díaz Bernal
Representante Área Humanidades

Pilar Jovanna Holguín Tovar
Representante Área Artes

Edgar Nelson López López
Representante Área Ingeniería y Tecnología

Juan Sebastián González Sanabria
Representante Grupos de Investigación

Editora
Bertha Ramos Holguín

Corrección de Estilo
Felipe Chavarro López

Asesor de arte e imagen
Pedro Alexander Sosa Gutierrez

imágen carátula
Imagen generada con IA bajo licencia Bing Microsoft.

Diseño y Diagramación
Aura Patricia Sarmiento Hernández

Subcomité Especializado de Evaluación de obras de la FESAD

Hugo Hernando Mendoza Vargas
Presidente del Subcomité - Decano - FESAD

Yusely Johana Sánchez Hernández
Secretaria del Subcomité - Directora CIDEA - FESAD

Herberth Jesús Cárdenas Ramírez
Editor del Subcomité Editorial

Nelly Estella Pardo Espejo
Representante grupos de Investigación Facultad

Israel Moreno
Representante editores revista de la facultad

Libro resultado de investigación del proyecto titulado competencias digitales clave para 2030 en la enseñanza/aprendizaje a distancia o virtual: hacia una educación transformadora y efectiva., con SGI 3936..

Citar este libro / Cite this book
Rodríguez Abril, P. J., Rodríguez Hernández, A.A., & Forero Avella, F. (2026). *Integración de simuladores como estrategia STEM en la educación en cicnicas*. Editorial UPTC. Tunja

https://doi.org/10.19053/uptc.9786287863613

Libro financiado por el Subcomité de obras de la Facultad de Estudios a Distancia- FESAD. Se permite la reproducción parcial o total, con la autorización expresa de los titulares del derecho de autor. Este libro es registrado en Depósito Legal, según lo establecido en la Ley 44 de 1993, el Decreto 460 de 16 de marzo de 1995, el Decreto 2150 de 1995 y el Decreto 358 de 2000.

Editorial UPTC
La Colina, Bloque 7, Casa 5
Avenida Central del Norte No. 39-115, Tunja, Boyacá
comite.editorial@uptc.edu.co
https://editorial.uptc.edu.co

Resumen

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias básicas en la educación media, especialmente de la física, se consideran difíciles y abstractas, a menudo porque en su didáctica se explican fenómenos invisibles o no reproducibles, lo que dificulta su comprensión por parte de los estudiantes. La investigación que se presenta en este texto partió de un problema central relacionado con la dificultad inherente en la enseñanza y el aprendizaje de la física en la educación media, especialmente debido a la naturaleza abstracta de los contenidos y la complejidad de reproducir fenómenos físicos en el aula. Frente a esto, el estudio propuso la integración de simuladores como estrategia didáctica, aprovechando la metodología STEM para facilitar la comprensión y el manejo de conceptos de física eléctrica entre los estudiantes. El objetivo del estudio fue evaluar si la implementación de simuladores en el aula mejoraba la apropiación del conocimiento en física eléctrica por parte de los estudiantes de educación media. Para ello, se evaluó y seleccionó la plataforma PhET debido a sus características interactivas y se desarrolló una estrategia pedagógica que fue puesta a prueba durante la pandemia de la Covid-19, período en el cual los recursos digitales se volvieron aún más pertinentes.

La metodología aplicada incluyó la administración de pruebas pre- y post-test para evaluar la comprensión de los estudiantes. Además, se utilizaron instrumentos de escala de Likert para medir la percepción de los estudiantes sobre la estrategia y el uso de los simuladores. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo y un diseño pre experimental. Los resultados principales indicaron un aumento significativo en la comprensión de la física eléctrica después de la aplicación de los simuladores, con diferencias estadísticas significativas en competencias

clave como la explicación de fenómenos, el uso del conocimiento científico y la indagación. La percepción estudiantil respecto a los simuladores fue mayormente positiva, destacando la sencillez de su uso y su contribución a la comprensión de fenómenos complejos y al desarrollo de competencias científicas. La conclusión principal del estudio resalta que la incorporación de simuladores en el aula influye positivamente en la apropiación del conocimiento de la física eléctrica por parte de los estudiantes de secundaria. Además, se reconoce que herramientas como la plataforma PhET ofrecen un espacio valioso entre la teoría y la práctica, permitiendo un aprendizaje más activo y significativo a través de la manipulación y exploración de conceptos científicos.

Palabras clave: Simulación y educación; Estrategia pedagógica con simuladores; Competencias digitales y simulación.

Abstract

The teaching and learning of basic sciences in secondary education, especially physics, are considered difficult and abstract, often because their teaching involves explaining invisible or non-reproducible phenomena, which makes them difficult for students to understand. The research presented in this text began with a central problem related to the inherent difficulty in teaching and learning physics in secondary education, especially due to the abstract nature of the content and the complexity of reproducing physical phenomena in the classroom. In response to this, the study proposed the integration of simulators as a teaching strategy, taking advantage of the STEM methodology to facilitate students' understanding and handling of electrical physics concepts. The objective of the study was to evaluate whether the implementation of simulators in the classroom improved the acquisition of knowledge in electrical physics by secondary school students. To this end, the PhET platform was evaluated and selected due to its interactive features, and a pedagogical strategy was developed and tested during the COVID-19 pandemic, a period in which digital resources became even more relevant.

The methodology applied included the administration of pre- and post-tests to assess student comprehension. In addition, Likert scale instruments were used to measure students' perceptions of the strategy and the use of simulators. The research had a quantitative approach, with a descriptive scope and a pre-experimental design. The main results indicated a significant increase in the understanding of electrical physics after the application of the simulators, with statistically significant differences in key competencies such as the explanation of phenomena, the use of scientific knowledge, and inquiry. Student perception of

the simulators was mostly positive, highlighting their ease of use and their contribution to the understanding of complex phenomena and the development of scientific competencies. The main conclusion of the study highlights that the incorporation of simulators in the classroom has a positive influence on secondary school students' acquisition of knowledge of electrical physics. In addition, it recognizes that tools such as the PhET platform offer a valuable space between theory and practice, allowing for more active and meaningful learning through the manipulation and exploration of scientific concepts.

Keywords: Simulation and education; Pedagogical strategy with simulators; Digital skills and simulation.

Contenido

CAPÍTULO 1

Diseño Metodológico 15
Introducción 15
1.1 Descripción y formulación del problema 18
1.2 Objetivos de la investigación 30
1.3 Enfoque y tipo de investigación 30
1.4 Definición de variables e instrumentos de recolección 31
1.5 Fases de la investigación 37
1.5.1 Implementación de la propuesta pedagógica 40
1.5.2 Evaluación de la propuesta pedagógica 42

CAPÍTULO 2.

Bases Teóricas Sobre el Uso e Integración de Simuladores en la Educación 43

2.1 Marco teórico 44
2.1.1 Saberes 44
2.1.2 Simulación en la enseñanza 46
2.1.3 Estrategias pedagógicas en la física 51
2.1.4 Creación de actividades con uso de simulaciones 56
2.1.5 Evaluación de los aprendizajes de la física para Colombia 58
2.1.6 Física eléctrica en educación media 61
2.2 Antecedentes de la investigación 63

CAPÍTULO 3.

Propuesta Didáctica para Integrar Simuladores en la Educación en Ciencias - Caso Física Eléctrica 69

3.1 Diseño de la propuesta pedagógica 70
3.2 Selección de simuladores 75
3.3 Desarrollo de la propuesta pedagógica 75

3.3.1 Definición de objetivos de aprendizaje 75
3.3.2 Construcción y recolección de material pedagógico 77
3.3.3 Alojamiento de contenidos y actividades 78
3.4 Implementación de la propuesta pedagógica 79
3.5 Evaluación de la propuesta pedagógica 81
3.5.1 P ruebas de saberes desde las competencias compresión, indagación y explicación 82
3.5.2 Percepción del estudiante 86
3.6 Relación del postest, el trabajo en entorno, el trabajo independiente y la percepción del estudiante 90
3.7 Análisis de componentes principales 92
3.8 Análisis y discusión de resultados 94

Conclusiones, Recomendaciones E Impacto Social de la Investigación

Conclusiones 101
Recomendaciones 103
Impacto social de la investigación 105

Referencias 107
Glosario 121

CAPÍTULO 1.
Diseño Metodológico

Introducción

Los entornos digitales, indudablemente, se han convertido no solo en medios para acceder a la información, sino también formas medios de interacción y comunicación que han intervenido en la dimensión social, el desarrollo profesional, el tiempo de ocio y los vínculos personales del ser humano (Lugo y Ithurburu, 2019). Por consiguiente, el ámbito educativo ha incorporado estos entornos en diversos ámbitos.

En este contexto, la enseñanza de las ciencias, y en particular de la física, ha evolucionado, llevando a que la concepción conservadora de simplemente "aplicar fórmulas" matemáticas según datos preestablecidos cambie hacia una perspectiva constructivista. En este enfoque, el aprendizaje por competencias adquiere relevancia, ya que no solo considera el conocimiento sino que también reconoce los procesos cognitivos, las habilidades, los valores y las actitudes de los estudiantes ante diversas situaciones cotidianas (Tobón, 2007). Esta aproximación permite al docente desvincularse de los modelos evaluativos tradicionalistas, lo que constituye un desafío, pero al mismo tiempo abre la puerta para elaborar e implementar nuevas herramientas que, en primer lugar, respondan al contexto con objetivos individuales o grupales y, en segundo lugar, sean sistemáticas y creativas (Albarracín y Ramírez, 2017).

En respuesta a esta renovación educativa en la enseñanza de las ciencias, ha surgido la integración de tecnologías que permiten que algunos fenómenos antes desconocidos y complejos se conviertan en fuentes de aprendizaje. Estas representaciones pueden ser llevadas al aula gracias a las simulaciones, las cuales, en general, son herramientas interactivas que permiten a los estudiantes adquirir conocimientos científicos mediante el estudio de fenómenos del campo profesional y científico (Alzugaray y Carreri, 2010). Además, sirven como un puente entre la realidad y las teorías o modelos (Barberà y Sanjosé, 2006), fomentando un aprendizaje activo al permitir que el estudiante manipule variables de un sistema y sea consciente de los aportes realizados y de las consecuencias de sus decisiones (Arboleda, 2017). Por lo tanto, resulta evidente que, en el aprendizaje de las ciencias, es fundamental propiciar situaciones en las que los estudiantes desarrollen la habilidad de contrastar y analizar diferentes modelos, en lugar de limitarse a la transmisión de conocimientos absolutos (Alzugaray y Carreri, 2010).

En medio de esta evolución educativa, han surgido herramientas como los simuladores, en particular la plataforma PhET (Physics Education Technology), desarrollada en Java o Flash y de acceso gratuito, que se ha destacado por la producción de simulaciones altamente interactivas, facilitando su uso al poder ejecutarse en cualquier navegador estándar en cualquier lugar del mundo (Albarracín y Ramírez, 2017). Estos simuladores se fundamentan en investigaciones educativas que implican un entorno similar a un juego interactivo, donde el aprendizaje se realiza mediante la exploración, visualización y manipulación (University of Colorado Boulder, s. f.). Además, permiten ilustrar modelos mentales e incluir datos, cuerpos en movimiento, gráficos y ejemplos de situaciones de la vida real, ofreciendo retroalimentación inmediata. Estas características permiten a los estudiantes desarrollar habilidades de investigación científica al explorar relaciones de causa y efecto (Díaz, 2018), así como evaluar su comprensión y razonamiento sobre temas científicos (Díaz, 2017).

Para demostrar la eficacia de estas herramientas, es necesario que el docente identifique el tema a enseñar, establezca los objetivos de

aprendizaje y cree un ambiente en el que los estudiantes puedan alcanzar las competencias esperadas (Pérez-Higuera *et al.*, 2020). Por lo tanto, se requiere el desarrollo de una estrategia pedagógica donde el estudiante sea el eje del proceso educativo (Garzón-Saladen y Romero-González, 2018).

En el contexto de la Institución Educativa Enrique Suárez, ubicada en el municipio de Almeida, al suroriente del departamento de Boyacá, se realizó un análisis comparativo de los indicadores presentados por el Icfes respecto a las pruebas Saber 11 entre 2016 y 2019, específicamente los resultados del área de Ciencias Naturales, enmarcados en competencias como el uso comprensivo del conocimiento científico, las explicación de fenómenos e indagación y los conceptos del componente físico (Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación-Icfes, 2019a), en el cual se evidenciaron promedios de porcentaje de error ligeramente superiores a los nacionales y departamentales. Además, un diagnóstico institucional identificó que algunas de las herramientas más utilizadas para la enseñanza de la física fueron el marcador, el tablero y los videos, que las clases continuaron siendo predominantemente magistrales y la que frecuencia de prácticas de laboratorio fue baja. Esta situación es común en otras instituciones educativas, lo que limita las posibilidades futuras de estas comunidades académicas (Timarán-Pereira *et al.*, 2019).

De acuerdo con lo anterior, se propuso la integración de una propuesta pedagógica y el uso de simuladores PhET en el aula, con el fin de facilitar la apropiación de los conocimientos de física eléctrica en los estudiantes de educación media de la Institución Educativa Enrique Suárez de Almeida, Boyacá. Para lograr este objetivo, se llevaron a cabo cuatro fases: 1) diseño, 2) desarrollo, 3) implementación y 4) evaluación de la propuesta pedagógica.

En la fase de diseño, fue fundamental el diagnóstico de la enseñanza de la física a nivel institucional, así como la selección de los simuladores mediante un análisis descriptivo de la funcionalidad del *software* de simulación, siguiendo la guía propuesta por Ayala y Salinas (2019).

En cuanto a la fase de implementación, es importante destacar que, debido a la situación particular ocasionada por la Covid-19 durante el año 2020, y como parte de las medidas de contingencia, la estrategia pedagógica se desarrolló bajo el modelo de estudio en casa. Como resultado de esta adaptación, el contenido se alojó en el aula virtual Moodle, donde se dispuso del material elaborado durante la fase de desarrollo, así como una prueba de conocimientos previa o pretest.

Finalmente, en la fase de evaluación se diseñó un postest y una encuesta tipo Likert, y se llevó a cabo el análisis de los datos mediante las herramientas Excel y R Studio.

1.1 Descripción y formulación del problema

Enseñar ciencias con calidad prepara a los estudiantes para comprender el desarrollo económico, social y tecnológico del mundo actual, y les brinda la capacidad de proponer soluciones a problemas desde su contexto personal (Ayala y Salinas, 2019; Nieda y Macedo, 1997). Desde hace dos décadas, se ha reconocido la importancia de una enseñanza efectiva de las ciencias, como lo señaló la Conferencia Mundial sobre la Ciencia celebrada en Budapest y organizada por la Unesco y el Consejo Internacional para la Ciencia, donde se afirmó que el acceso al conocimiento científico es un derecho fundamental en la educación y es crucial para el desarrollo de una capacidad científica interna y la formación de ciudadanos activos e informados (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura-Unesco, 1999).

A nivel mundial, el interés por mejorar la enseñanza de las ciencias se ha vuelto una necesidad en todos los niveles educativos. Sin embargo, la enseñanza de la física, ya sea clásica o moderna, ha sido un desafío debido a que los estudiantes la consideran difícil y abstracta (Ostermann y Moreira, 2000). Por ello, se han explorado diversas estrategias pedagógicas, incluyendo el uso de videos, *software* de análisis, laboratorios remotos y simulaciones.

Mediante el uso de herramientas en el aula y en laboratorio, las estrategias didácticas de la física ayudan a comprender fenómenos invisibles o irreproducibles en el aula, permitiendo relacionar conceptos con ideas abstractas (Martínez, 2016). Sin embargo, algunas de estas estrategias representan un desafío para el sistema educativo debido a la falta de tecnología y recursos para contar con laboratorios didácticos de mediana complejidad que permitan observar fenómenos físicos, especialmente en el tema de la física eléctrica. Entre las soluciones a esta problemática se encuentra el uso de herramientas TIC como simuladores virtuales (Martínez, 2016), así como la construcción de montajes experimentales rudimentarios para explicar temas específicos (Marulanda y Gómez, 2006), como por ejemplo, circuitos resistivos utilizando bombillos de 110v.

A nivel nacional y departamental, los resultados de las pruebas Saber 11 ofrecen a los estudiantes la oportunidad de autoevaluarse y monitorear la calidad educativa. Para los docentes, estas pruebas son un indicador del desempeño de los estudiantes y de los procesos de pensamiento que están articulando. Dichos indicadores reflejan el porcentaje promedio de respuestas incorrectas, siendo un indicador clave del rendimiento estudiantil.

En un contexto local, en la Institución Educativa Enrique Suárez, ubicada en el municipio de Almeida, se han identificado una serie de situaciones y actitudes por parte de estudiantes y docentes que han ocasionado dificultades en la enseñanza de las ciencias, particularmente en la física (figura 1).

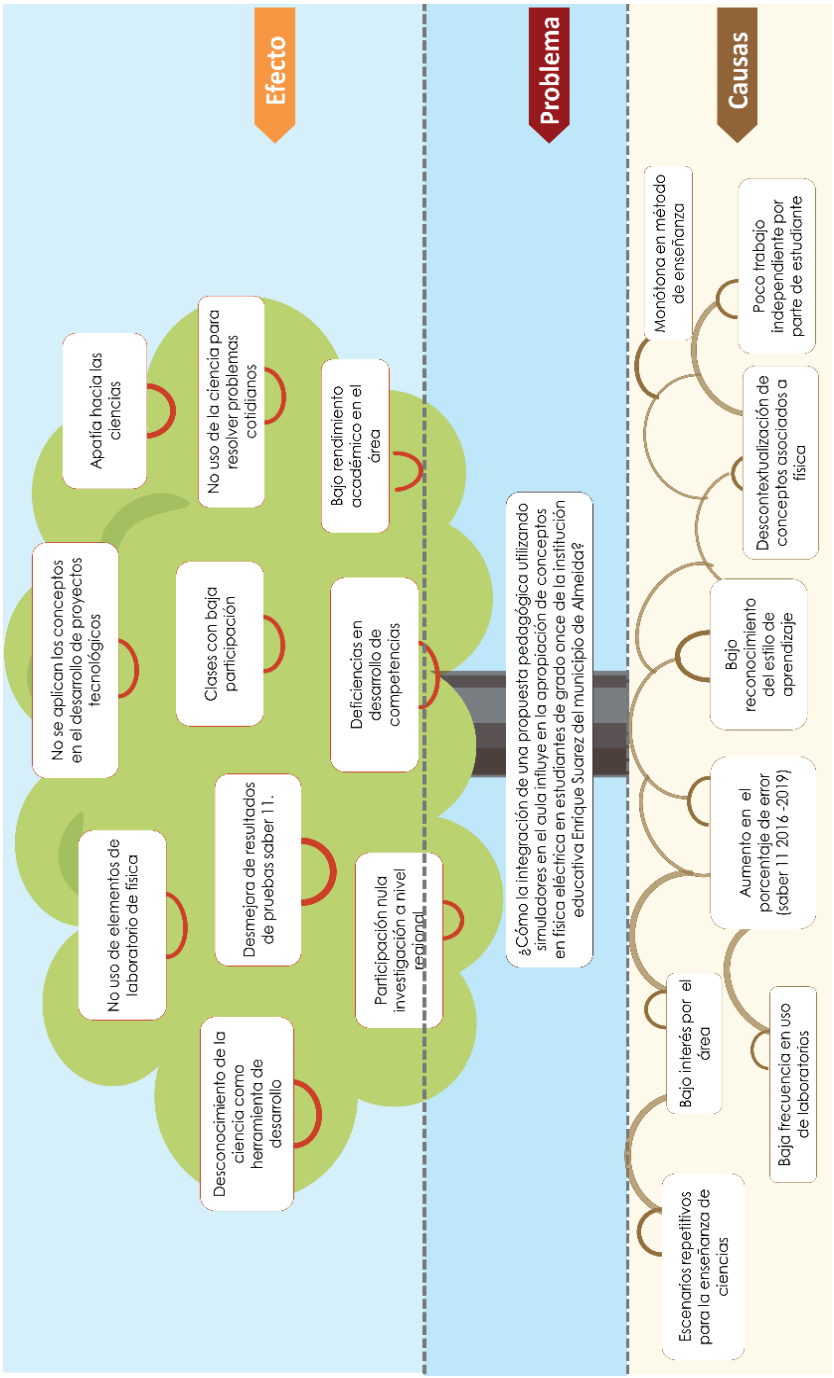


Figura 1. Árbol de problema.
Fuente Elaboración propia.

Debido a la situación mencionada anteriormente, se llevó a cabo un análisis comparativo de los indicadores presentados por el Icfes en las pruebas Saber 11 durante el período comprendido entre 2016 y 2019 (Icfes, 2016; 2017; 2018; 2019b). Específicamente, se revisaron los resultados del área de Ciencias Naturales, haciendo énfasis en las competencias relacionadas con el uso comprensivo del conocimiento científico, la explicación de fenómenos y la indagación, así como los conceptos del componente físico, los cuales se reflejan en los siguientes ocho tipos de aprendizaje (Icfes, 2019a):

1. Asociar fenómenos naturales con conceptos propios del conocimiento científico (figura 2).
2. Comprender que a partir de la investigación científica se construyen explicaciones sobre el mundo natural (figura 3).
3. Derivar conclusiones para algunos fenómenos de la naturaleza basándose en conocimientos científicos y en la evidencia de su propia investigación y la de otros (figura 4).
4. Explicar cómo ocurren algunos fenómenos de la naturaleza con base en observaciones, patrones y conceptos propios del conocimiento científico (figura 5).
5. Identificar las características de algunos fenómenos de la naturaleza con base en el análisis de información y conceptos propios del conocimiento científico (figura 6).
6. Modelar fenómenos de la naturaleza con base en el análisis de variables, la relación entre dos o más conceptos del conocimiento científico y la evidencia derivada de investigaciones científicas (figura 7).
7. Observar y relacionar patrones en los datos para evaluar las predicciones (figura 8).
8. Utilizar algunas habilidades de pensamiento y de procedimiento para evaluar predicciones (figura 9).

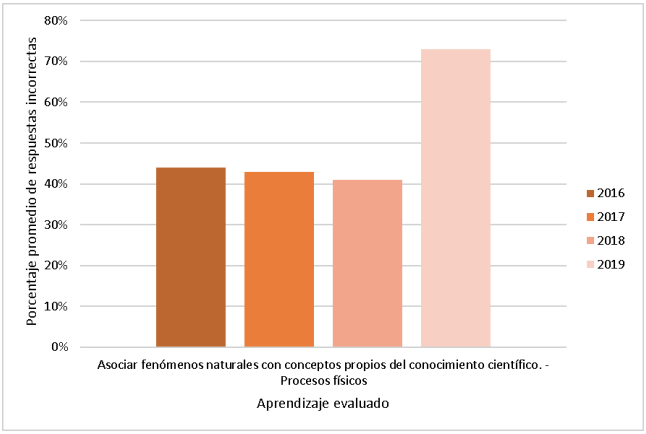


Figura 2. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Asociar fenómenos naturales con conceptos propios del conocimiento científico. (2016 al 2019)

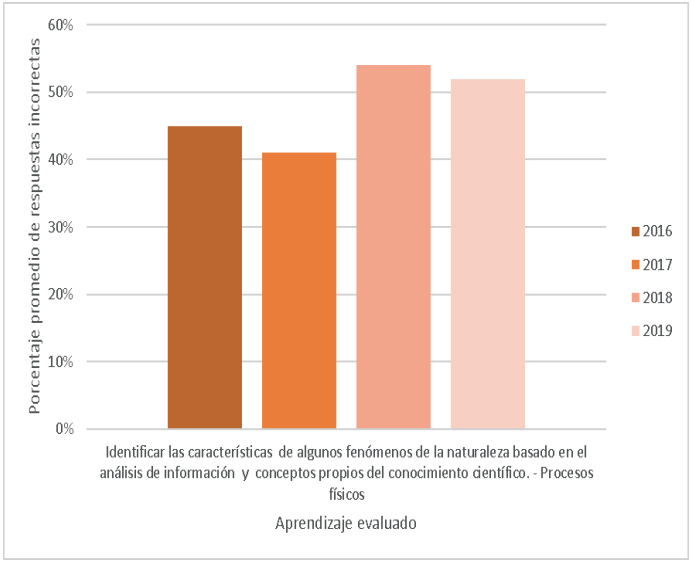


Figura 3. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Identificar las características de algunos fenómenos de la naturaleza basado en el análisis de información y conceptos propios del conocimiento científico. (2016 al 2019)

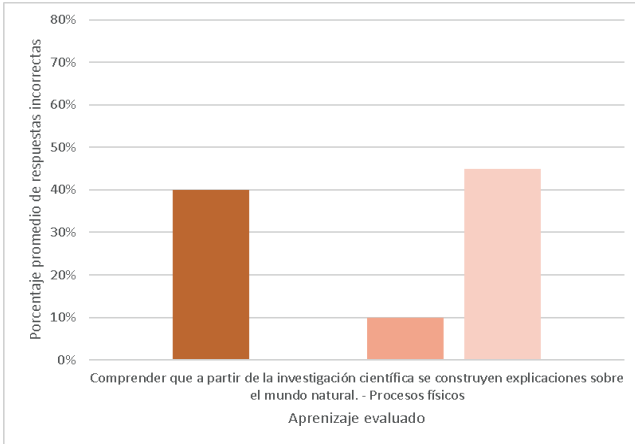


Figura 4. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Comprender que a partir de la investigación científica se construyen explicaciones sobre el mundo natural. (2016 al 2019)

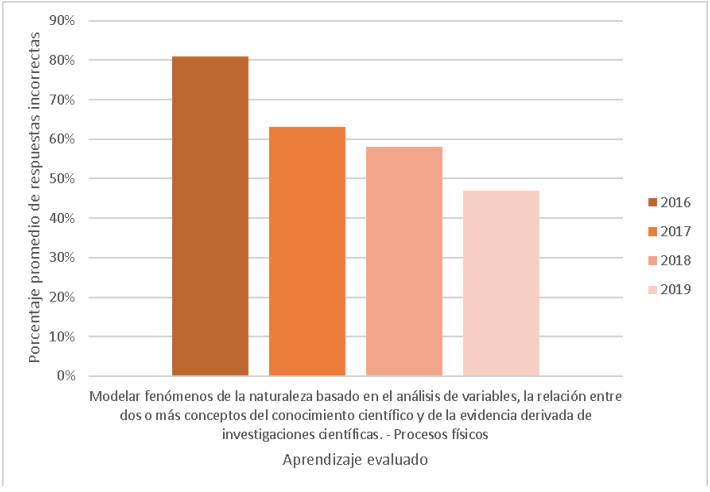


Figura 5. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Modelar fenómenos de la naturaleza basado en el análisis de variables, la relación entre dos o más conceptos del conocimiento científico y de la evidencia derivada de investigaciones científicas. (2016 al 2019)

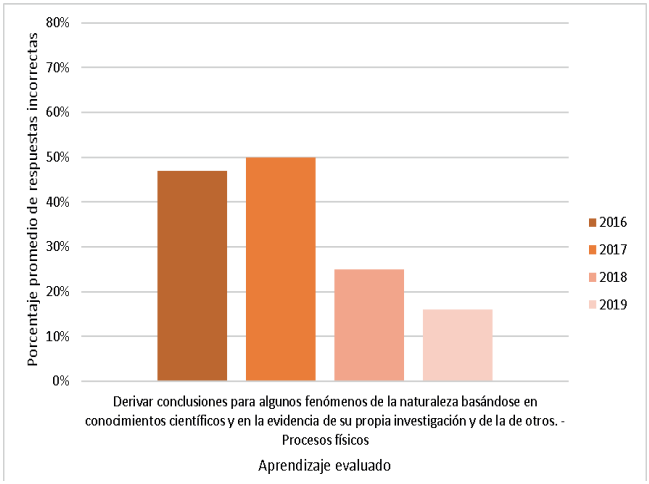


Figura 6. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Derivar conclusiones para algunos fenómenos de la naturaleza basándose en conocimientos científicos y en la evidencia de su propia investigación y de la de otros. (2016 al 2019).

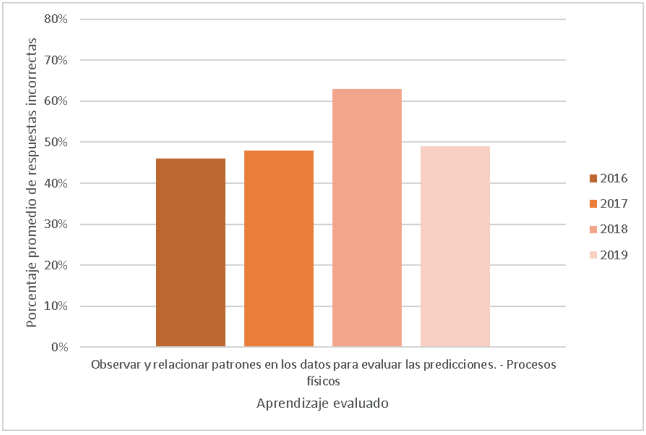


Figura 7. Porcentaje promedio de res puestas incorrectas en aprendizaje: Observar y relacionar patrones en los datos para evaluar las predicciones. (2016 al 2019).

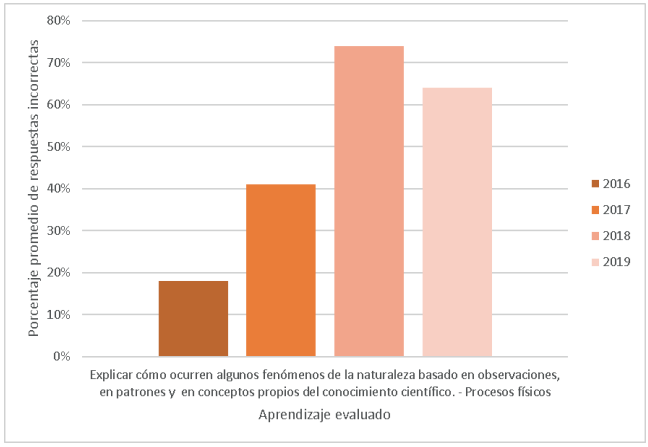


Figura 8. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Explicar cómo ocurren algunos fenómenos de la naturaleza basado en observaciones, en patrones y en conceptos propios del conocimiento científico. (2016 al 2019).

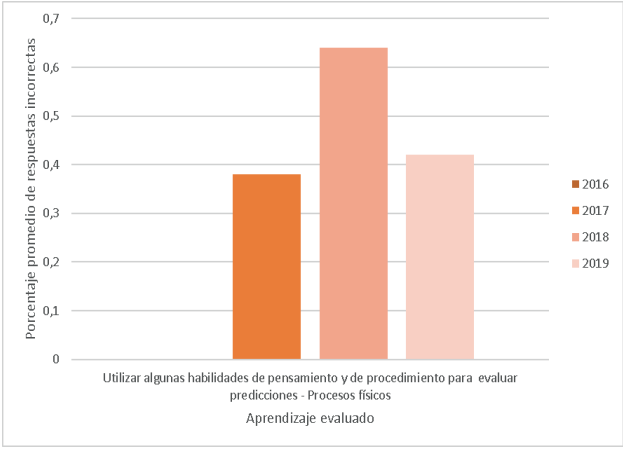


Figura 9. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Utilizar algunas habilidades de pensamiento y de procedimiento para evaluar predicciones. (2016 al 2019).

La comparación de los cuatro años indicó que la institución educativa presentó promedios de porcentaje de error ligeramente superiores al

nacional y al departamental (siendo la única institución a nivel municipal). Además, se observó una tendencia al alza en el porcentaje de error. Es importante destacar que en los aprendizajes 2, 4 y 6, se registró un incremento de más del 15% en los últimos dos años. Estos resultados sugieren que existen oportunidades para mejorar el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias.

Asimismo, se llevó a cabo un análisis diagnóstico a nivel institucional con el fin de determinar el enfoque de la enseñanza de las ciencias básicas, particularmente en el área de Física. Como resultados relevantes, se identificó que el 75% de los estudiantes mencionaron que el método de enseñanza más utilizado son las clases magistrales (usando marcador/tablero y videos), mientras que menos del 40% mencionaron el uso de simuladores, juegos y experimentos (figura 10). Además, se destacó que las clases de Ciencias se imparten principalmente de manera tradicional, con un 95% de ellas siendo clases magistrales (utilizando tablero y dictado) y un 55% empleando presentaciones y proyector. Esto indica una tendencia hacia métodos de enseñanza más tradicionales.

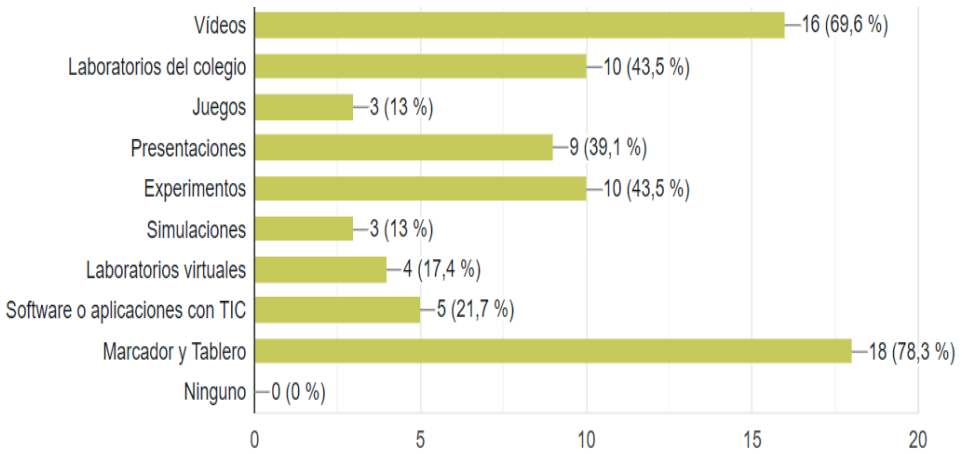


Figura 10. Escenarios o herramientas han sido uilizadas para el prendizaje de las ciencias.

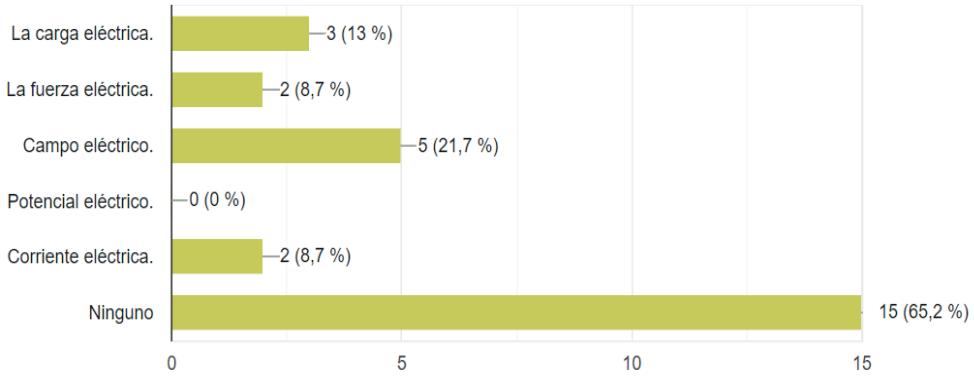


Figura 11. Escenarios o herramientas han sido utilizadas para el aprendizaje de las ciencias.

La frecuencia de prácticas de laboratorio por período fue baja, con un 21 % de los estudiantes reportando una práctica y un 30 % no reportando ninguna. Como resultado, el uso consciente de la física para la resolución de problemas se da en su mayoría en el contexto de la clase (91,3 %); sin embargo, los alumnos también señalaron que utilizan el conocimiento de física en su vida cotidiana para ayudar en las labores del hogar, con un 56 % de los estudiantes indicando este uso (figura 11).

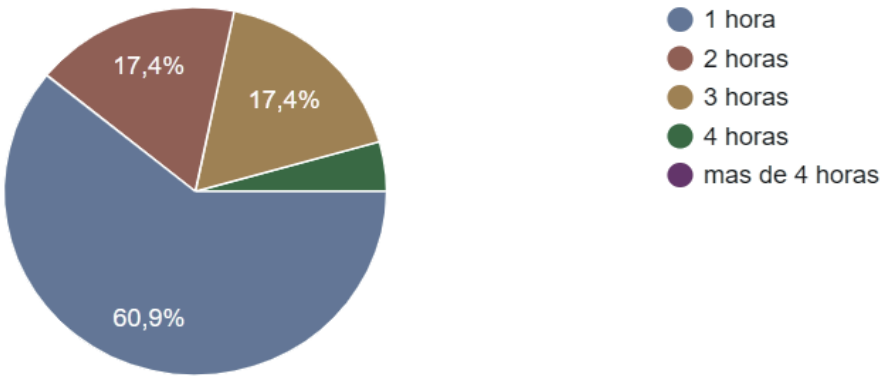


Figura 12. Intensidad horaria dedicada de forma independiente al estudio de la física semanalmente.

Respecto al tiempo dedicado al estudio y al método de aprendizaje individual, se encontró que la mayoría de los estudiantes (60 %) utilizan aproximadamente una hora para estudiar. La experimentación se identificó como el método más eficiente, siendo mencionado por el 48 % de los estudiantes, seguida de la observación de material audiovisual (26 %) y la comunicación con compañeros (13 %) (Figura 12).

Por otro lado, se indagó sobre los intereses en áreas de las ciencias básicas como la física, la biología y la química. Los hallazgos revelan un panorama preocupante, pero que a su vez motiva y fundamenta la presente investigación. La física se sitúa como la penúltima área en generar interés, por debajo de la biología y por encima de la química (figura 13). En cuanto a la indagación sobre temas de física eléctrica, algunos fueron recordados con mayor facilidad, como el tema de la electricidad, seleccionado por el 80 % de los estudiantes. Esto evidencia la existencia de preconceptos asociados a la física eléctrica que pueden ser activados mediante la metacognición (Méndez, 2012).

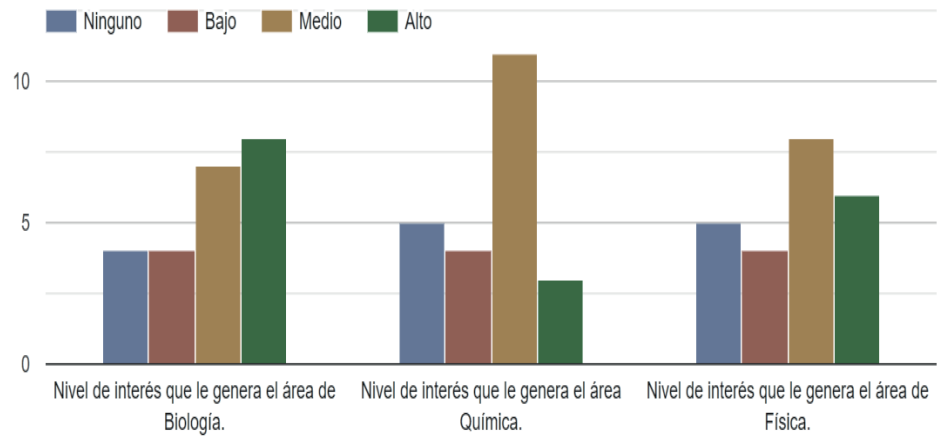


Figura 13. Niveles de interés de los estudiantes en las asignaturas de ciencias.

Este análisis institucional revela una tendencia al aumento del porcentaje de error, lo que indica que la calidad y el aprendizaje de los estudiantes

no son significativos y afectan sus aspiraciones técnicas y profesionales. Además, considerando el entorno de la Institución Educativa Enrique Suárez, se necesitan jóvenes capaces de crear soluciones tecnológicas y científicas desde su contexto para abordar las problemáticas locales. Asimismo, se observa un escenario en la institución caracterizado por problemas en la transmisión del conocimiento, con una baja receptividad y un bajo aprendizaje evidenciados en los resultados de las pruebas estatales y en la consulta realizada. Esto limita el desarrollo del potencial científico y no fomenta procesos de calidad educativa en la institución. Por demás, esta situación contrasta con la aplicación del modelo pedagógico de la institución, de enfoque social cognitivo, que busca formar estudiantes con pensamiento crítico, capaces de transformar positivamente su realidad y la de su comunidad al proponer soluciones a los problemas que enfrentan.

Por estas razones, se propone fortalecer el proceso de aprendizaje de los conocimientos asociados a la física eléctrica mediante la integración de una propuesta metodológica que utilice simuladores en el aula para los estudiantes de grado once de la Institución Educativa Enrique Suárez de Almeida. Se pretende evaluar la mejora en el aprendizaje de estos conocimientos, la interacción con los materiales y la percepción de los estudiantes respecto a la propuesta pedagógica. Se espera que esta iniciativa conduzca a que los estudiantes adquieran aprendizajes significativos, mejoren su aplicación de los conocimientos de física eléctrica en contextos reales y, en los casos óptimos, se contribuya a la toma de decisiones sobre su futuro académico y al crecimiento de su entorno, ya que “un estudiante con nociones científicas aporta e impacta en la sociedad” (Quevedo, 2013,46).

Tras este análisis, se plantea el siguiente problema de investigación: ¿Cómo influye la incorporación de una propuesta pedagógica utilizando simuladores en el aula en la apropiación de conocimientos en física eléctrica en estudiantes de grado once de la Institución Educativa Enrique Suárez del municipio de Almeida?

1.2 Objetivos de la investigación

El objetivo general de esta investigación fue integrar una propuesta pedagógica que incorporara el uso de simuladores en el aula, con el propósito de facilitar la adquisición de conocimientos en el campo de la física eléctrica por parte de estudiantes de undécimo grado. Para lograr este objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar una propuesta pedagógica que incluya el uso de simuladores en el contexto del aula, enfocada en el aprendizaje de conceptos relacionados con la física eléctrica por parte de estudiantes de undécimo grado.
- Desarrollar una propuesta pedagógica que integre la utilización de simuladores en el entorno educativo, con el fin de facilitar el proceso de adquisición de conocimientos en el ámbito de la física eléctrica para estudiantes de undécimo grado.
- Implementar de manera efectiva la propuesta pedagógica, que incluye el uso de simuladores en el aula, con el propósito de brindar a los estudiantes de undécimo grado una experiencia enriquecedora de aprendizaje en el campo de la física eléctrica.
- Evaluar de manera sistemática los resultados obtenidos tras la implementación de la propuesta pedagógica diseñada para la enseñanza de los conceptos relacionados con la física eléctrica en estudiantes de undécimo grado.

1.3 Enfoque y tipo de investigación

La presente propuesta se enmarca dentro de un enfoque metodológico cuantitativo, ya que la investigación evalúa el impacto de una intervención, cambio o acción intencional (Creswell, 2017; Hernández-Sampieri y Fernández-Collado, 2017; Lester y Lester, 2015). En este caso, se busca evaluar la apropiación del aprendizaje de los saberes en física eléctrica al integrar una propuesta pedagógica que utiliza simuladores en las aulas de clase de los estudiantes de grado 11 de la Institución Educativa Enrique Suárez de Almeida.

Se sigue un alcance descriptivo, que se centra más en el "qué", ya que busca especificar propiedades, características y rasgos importantes (Hernández-Sampieri et al., 2014) de la integración de una propuesta pedagógica que utiliza simuladores con el aprendizaje de los saberes en física eléctrica. Además, busca explicar las tendencias del grupo de estudiantes de grado 11 de la Institución Educativa Enrique Suárez.

La investigación descriptiva es un método que intenta reunir información cuantificable para ser usada en el análisis estadístico de la muestra de una población (Black, 2019). Por otra parte, busca especificar las propiedades del fenómeno sujeto a un análisis, midiendo la información sobre las variables y representando lo que se investiga, describiéndolo o caracterizándolo. Sin embargo, su objetivo no es indicar cómo se relacionan estas variables (Hernández-Sampieri, 2017).

1.4 Definición de variables e instrumentos de recolección

Con base en el enfoque cuantitativo y el problema de investigación, se establecen las variables con su respectiva operacionalización (tabla 1).

- Variable independiente: simuladores por computador educativos.
- Variable dependiente: aprendizaje de saberes de la física eléctrica (electrodinámica).
- Variable dependiente: metodología (estrategia pedagógica para el aprendizaje) para incorporar los simuladores en el aprendizaje.

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Categorización o dimensiones	Definición	Indicadores	Criterio	Instrumento
Simuladores	Independiente	Técnica y pedagógica.	Análisis descriptivo y funcional de dos simuladores disponibles en la web para física eléctrica.	-Identificación y requisitos. -Funcionalidad. -Compatibilidad/fiabilidad. -Usabilidad. -Eficiencia. -Mantenimiento. -Portabilidad. -Propuesta didáctica.	Determinar las características y funcionalidad de los simuladores para responder a la necesidad pedagógica.	Guía para el análisis descriptivo de la funcionalidad del software de simulación (Ayala y Salinas, 2019).
Aprendizaje de saberes de la física eléctrica.	Dependiente.	Evaluación del aprendizaje.	Comprensión de los saberes asociados a física eléctrica.	Resultados de aprendizaje evaluados desde las competencias: uso comprensivo del conocimiento científico, explicación de fenómenos e indagación.	Evaluar los resultados de aprendizaje de saberes de la física eléctrica desde las competencias de uso comprensivo del conocimiento científico, explicación de fenómenos e indagación.	Pruebas (pre-test y pos-test).
Metodología (estrategia pedagógica integrando simuladores al aula).	Dependiente.	Pertinencia de la metodología.		Evaluación por experto de la estrategia pedagógica.	A criterio de experto.	Instrumento de evaluación.
				Percepción del estudiante.	Medir percepción frente a la propuesta pedagógica.	Escalas de medición (Escalamiento tipo Likert).

Fuente: Elaboración propia.

El estudio se llevó a cabo en la Institución Educativa Enrique Suárez (IEES), ubicada en la sede central-secundaria, que la única institución educativa en el municipio de Almeida, departamento de Boyacá, Colombia. La población estudiantil de la institución comprende edades entre 10 y 19 años, con un estrato socioeconómico mayoritariamente entre 1 y 2, y una residencia principalmente en áreas rurales, según los registros del sistema de matrículas estudiantil.

Según el plan de estudios del área de Ciencias Naturales, los estudiantes comienzan a estudiar física a partir de décimo grado, pero los temas relacionados con la física eléctrica se abordan en undécimo grado. Por lo tanto, la muestra para la investigación consistió en 14 estudiantes de undécimo grado, con edades comprendidas entre 16 y 19 años.

Para la recopilación de datos, se seleccionaron instrumentos que cumplen con criterios de confiabilidad, validez y objetividad (Fong, 2005), garantizando así la solidez de la investigación. Los instrumentos utilizados incluyen una evaluación de la funcionalidad del *software* propuesta por Ayala y Salinas (2019), una prueba de saberes y una encuesta de percepción utilizando escala tipo Likert.

Tabla 2. Instrumentos y técnicas de recolección de la información.

Técnica	Instrumento	Descripción del instrumento
Evaluación de funcionalidad de *software*.	Instrumento análisis de funcionalidad - Guía para el análisis descriptivo de la funcionalidad del software de simulación (Ayala y Salinas, 2019).	Permite determinar la funcionalidad y características de los simuladores según la necesidad pedagógica.
Evaluación de pares expertos.	Instrumento de evaluación de expertos para la estrategia pedagógica.	

Técnica	Instrumento	Descripción del instrumento
Encuesta. La prueba de conocimiento se aplicó al final del proceso investigativo, con el fin de evaluar resultados de aprendizaje de los saberes de física eléctrica.	Prueba de saberes (pre-test y pos-test).	Se toman contenidos de la temática trabajada, conceptos apoyados por los simuladores y aspectos de pruebas Saber 11, se evalúan resultados de aprendizaje de los saberes de física eléctrica en las competencias de comprensión, indagación y explicación, con preguntas que permiten el tratamiento informático y el análisis estadístico.
Encuesta tipo Likert.	Escalamiento tipo Likert.	Con el fin de medir la precepción de los estudiantes frente a la propuesta pedagógica y herramientas de simulación usadas bajo los criterios de: motivación, contenidos, navegación, evaluación, aprendizaje, ritmo e interfaz.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis descriptivo de la funcionalidad del software de simulación (Ayala y Salinas, 2019): para la evaluación del simulador se realizó un análisis *descriptivo* de la funcionalidad de simuladores según la guía propuesta por Ayala y Salinas (2019), quienes afirman que la modelación y la simulación son la tercera forma de hacer ciencia, pues enriquecen que el proceso de formación, de modo que, para hacerlas efectivas, es necesario tener presentes las características funcionales e instruccionales de los *software* de simulación.

Para el análisis *funcional* se evaluaron los aspectos de 1) identificación, 2) funcionabilidad 3) fiabilidad, 4) confiabilidad, 5) usabilidad y 6) eficiencia. Adicionalmente, se identificaron las características *instruccionales* basadas en el mantenimiento (facilidad de modificar o adaptar el simulador), la portabilidad (transferencia de datos del simulador entre entornos) y la propuesta didáctica (apoyo del proceso educativo) (Ayala y Salinas, 2019).

Prueba de saberes (pretest y postest): se construyó a partir de preguntas cerradas de selección múltiple con una única respuesta (Morales, 2006) *y análisis de relación* (Herrera, 2003). La prueba se organizó para medir los saberes con preguntas asociadas a la física eléctrica electrodinámica desde tres competencias, como se muestra en la tabla 3. Los resultados se distribuyeron en tercios correspondientes a las tres competencias a evaluar. Se obtuvo un resultado general y por tercios para realizar el análisis. Para ponderar los resultados se tuvo en cuenta el número de aciertos por cada tercio y el ponderado total. La cantidad de aciertos se transformó a la escala medida de 1 a 5, igual a la forma de medición del rendimiento académico de la institución (tabla 4).

Tabla 3. Distribución por competencias de prueba de saberes

# de puntos	Competencia asociada
14	*Uso comprensivo del conocimiento científico:* "La capacidad de comprender y usar nociones, conceptos y teorías de las ciencias naturales en la solución de problemas, y de establecer relaciones entre conceptos y conocimientos adquiridos, y fenómenos que se observan con frecuencia"(Icfes, 2019a, p. 39).
13	*Explicación de fenómenos:* "La capacidad de construir explicaciones y comprender argumentos y modelos que den razón de fenómenos, y de establecer la validez o coherencia de una afirmación o de un argumento relacionado con un fenómeno o problema científico" (Icfes, 2019a, p. 40).
13	*Indagación:* "La capacidad para comprender que, a partir de la investigación científica, se construyen explicaciones sobre el mundo natural" (Icfes, 2019a).
Total 40	

Tabla 4. Escala de medición de rendimiento académico

Escala	Concepto
1,0 a 3,0	Bajo
3,1 a 3,9	Básico
4,0 a 4,5	Alto
4,6 a 5,0	Superior

Fuente: Elaboración propia

Escalamiento tipo Likert: Para cada uno de los criterios establecidos, se presentan postulados sobre los cuales los estudiantes indican su nivel de acuerdo o en desacuerdo en una escala del 1 al 5. Con base en cada postulado evaluado, se registra la frecuencia con la que los estudiantes expresan su percepción. Con el fin de evitar respuestas mecánicas, se reordenaron y variaron los criterios asociados (tabla 5).

Tabla 5. Escala y criterio escalonamiento Likert

Nivel	Criterios 1	Criterios 2	Criterios 3	Criterios 4
1	Totalmente en desacuerdo.	No es importante.	Para nada útil.	
2	En desacuerdo.	Poco importante.	No muy útil.	
3	Ni de acuerdo ni en desacuerdo.	Algo importante.	Algo útil.	
4	De acuerdo.	Importante.	Muy útil.	
5	Totalmente de acuerdo.	Muy importante.	Extremadamente útil.	

Fuente: Elaboración propia

1.5 Fases de la investigación

Esta sección detalla la metodología utilizada para desarrollar la propuesta pedagógica que integra simuladores en el aula con el objetivo de facilitar la apropiación de los conocimientos de física eléctrica-electrodinámica. El proceso se dividió en cuatro fases: diseño, desarrollo, implementación y evaluación (figura 14).

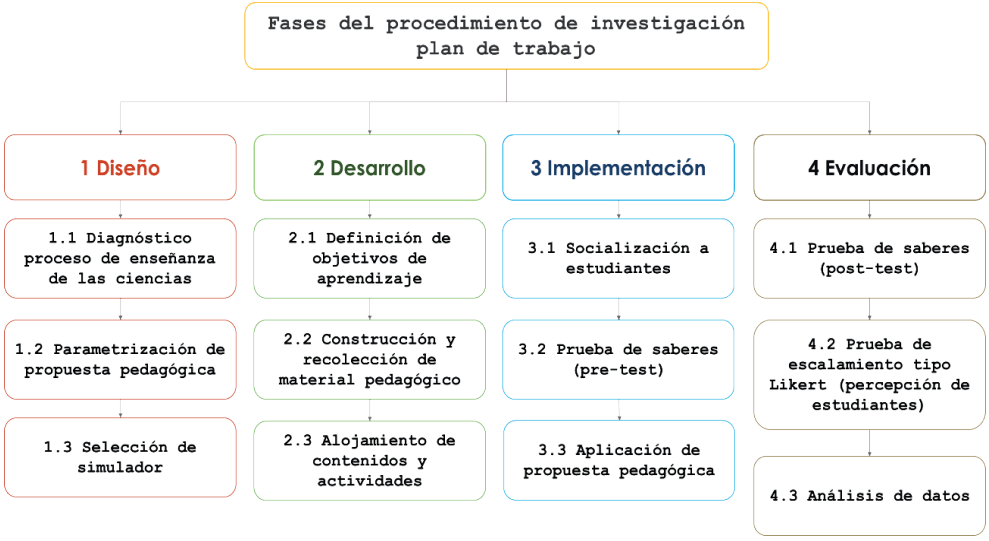


Figura 14. Diagrama de estructura de desglose de trabajo (EDT).

La primera fase consistió en el diseño de la propuesta pedagógica, que comprendió dos actividades principales. En primer lugar, se llevó a cabo la parametrización de la propuesta pedagógica para la integración de simuladores en el aula. En segundo lugar, se seleccionó el simulador siguiendo la metodología propuesta por Ayala y Salinas (2019).

En la segunda fase, se realizó un diagnóstico del proceso de enseñanza de las ciencias con el objetivo de determinar cómo se había llevado a cabo la enseñanza de las ciencias básicas en la institución. Este diagnóstico tuvo un carácter informativo y se relacionó con las temáticas impartidas en el plan de área de los grados cuarto a noveno.

Posteriormente, en la fase 3, se llevó a cabo la parametrización de la propuesta pedagógica según el contexto de la población y el modelo

pedagógico social-cognitivo adoptado por la institución educativa. Para desarrollar esta propuesta pedagógica, se resumieron las ventajas del uso de simuladores y sus efectos positivos en el proceso de aprendizaje, aplicándolos al aprendizaje de la física eléctrica-electrodinámica. Se contextualizó el aprendizaje desde tres aspectos: formación conceptual metodológica mediante la interdisciplinariedad de contenidos, aplicación de actividades para observar, interpretar y analizar, y argumentación para desarrollar habilidades.

La estrategia propuesta incorporó aspectos del método de enseñanza inductivo apoyado en el "método sistémico estructural" (Ruiz *et al.*, 2010), fomentando la observación en el estudiante para llegar de lo particular a lo general. Se consideró la individualidad del estudiante y el rol mediador del docente en la transmisión del conocimiento. Además, se buscó fortalecer en los estudiantes habilidades del siglo XXI como el manejo de la información, las tecnologías de la comunicación y destrezas para la vida personal y profesional. La estrategia también se basó en el aprendizaje basado en competencias, centrando el progreso de los estudiantes respecto a su capacidad para dominar la temática, indagar, explicar y demostrar su comprensión.

Siguiendo los derechos básicos de aprendizaje (DBA), los estándares básicos de competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas (Ministerio de Educación Nacional (MEN), 2016), el plan de área de la institución (Institución Educativa Enrique Suárez, 2018) y la estructura de las pruebas Saber 11, se seleccionaron, priorizaron y ajustaron los contenidos relacionados con la física eléctrica-electrodinámica para las actividades. Estos contenidos se organizaron en tres bloques temáticos, cada uno con cuatro etapas de desarrollo: introducción y reconocimiento de saberes, profundización y conceptualización, práctica y transferencia mediante el uso de simuladores PhET, y aplicación de lo aprendido a través de problemas contextualizados.

En la cuarta fase, la selección de simuladores se llevó a cabo mediante la identificación de simuladores gráficos computacionales preseleccionados por el docente. Luego, se realizó un análisis descriptivo de la funcionalidad

del *software* de simulación utilizando la guía propuesta por Ayala y Salinas (2019) en dos simuladores disponibles en la web, que pudieran ser utilizados en la enseñanza de los contenidos prioritarios de física eléctrica.

En la fase final, se desarrolló e implementó la propuesta didáctica, que constó de tres actividades principales. En primer lugar, se definieron los objetos de aprendizaje que contribuirían al mejoramiento de los aprendizajes de física eléctrica-electrodinámica. En segundo lugar, se llevó a cabo la recolección y construcción del material pedagógico utilizado para el desarrollo de la propuesta. Finalmente, se alojaron los contenidos y el material en la plataforma Moodle.

En cuanto a la definición de los objetivos de aprendizaje, se priorizaron la temática y los contenidos, identificando los estándares básicos, los derechos básicos, las evidencias y los objetivos de aprendizaje asociados según el MEN. Estos objetivos se ajustaron a las necesidades del contexto, desglosándolos en los aspectos de saber, saber hacer, saber ser y saber estar.

En la construcción y recolección de material pedagógico, se elaboraron tres presentaciones, se grabaron videos introductorios y explicativos, se crearon formularios para el reconocimiento de presaberes y se elaboraron seis guías de laboratorio que integraban el uso de los simuladores PhET. Al finalizar cada bloque temático, los estudiantes resolvieron problemas contextualizados haciendo uso de los simuladores propuestos. Todo el material se diseñó para ser aplicado en el contexto de la educación remota, considerando que parte de la población no tenía acceso permanente a internet.

Finalmente, los contenidos y actividades se alojaron en un aula Moodle, donde se organizaron en tres bloques temáticos, cada uno con cinco etapas para su desarrollo. Se utilizó Moodle como medio de comunicación asincrónica, herramienta de seguimiento y acompañamiento durante la aplicación de la estrategia. Moodle permitió el uso de etiquetas, páginas, URL, foros, tareas y almacenamiento de archivos, entre otras funciones. Para facilitar el uso de la plataforma por parte de los estudiantes, se

proporcionaron video tutoriales y se brindó acompañamiento previo desde el área de tecnología.

1.5.1 Implementación de la propuesta pedagógica

La implementación de la propuesta pedagógica se llevó a cabo en tres actividades dentro del modelo de educación remota, como medida de contingencia ante la situación de pandemia por la Covid-19. En primer lugar, se realizó una socialización con los estudiantes mediante comunicación sincrónica y asincrónica. En segundo lugar, se aplicó el pretest de la prueba de saberes y, en una tercera parte, se llevó a cabo la implementación de la estrategia de guías utilizando el aula Moodle con el acompañamiento permanente del docente.

La socialización con los estudiantes se llevó a cabo a través de videoconferencias y chat, donde se presentaron los temas, la plataforma y los materiales, además de explicar la metodología y el entorno de los simuladores seleccionados. Se enviaron micro vídeos tutoriales de forma espontánea y según la necesidad de los estudiantes para resolver inquietudes durante la aplicación, con el apoyo del área de Tecnología.

La prueba de saberes (pretest) se aplicó previo acuerdo de horarios con los estudiantes, utilizando un formulario de Google que se dejó abierto durante aproximadamente minutos por pregunta.

La aplicación de la propuesta pedagógica se llevó a cabo durante tres semanas, una semana para cada bloque temático propuesto. El material se presentó secuencialmente conforme al avance de los estudiantes. Además, el docente acompañó permanentemente el abordaje de los materiales y asesoró el desarrollo de laboratorios mediante medios sincrónicos (llamadas telefónicas, WhatsApp, videoconferencias) y asincrónicos (correo electrónico, foros, mensajes de texto). Durante este período, se brindó retroalimentación sobre el trabajo de los estudiantes y se enviaron mensajes motivacionales para recordar el cumplimiento de las actividades.

En la aplicación de la estrategia se utilizó la plataforma Moodle para realizar un seguimiento de los ingresos e interacciones con el material. Específicamente, se utilizó la herramienta de registros para asociar la información de la sección del curso, el material o las actividades a las que accedieron los estudiantes durante el desarrollo de las actividades. Estos registros se alojaron de forma cronológica y proporcionaron información sobre la interacción del estudiante con los materiales del curso, y se depuraron y agruparon por bloques temáticos I, II y III, así como por material complementario (tabla 6).

Tabla 6. Agrupación de interacciones en el entorno de aula Moodle

	Nombre de agrupación	**Contenidos y actividades**
Interacciones en el entorno	Bloque I.	Introducción - Reconocimiento de presaberes - Presentación Bloque I - Video explicativo Bloque - Simuladores laboratorios - Guías de laboratorio - Informes de laboratorio y ¡Resuelva el problema usando lo aprendido!
	Bloque II.	
	Bloque III.	
	Generales.	Foro de dudas ¡Pregunta a tu profe!, Avisos, Etiquetas, Prueba pretest y postest.
	Material complementario.	*Información asociada a:* efecto Joule, intensidad de corriente eléctrica, resistencias en paralelo, resistencias en serie, resistividad y variación de la resistencia con la temperatura.

Fuente: Elaboración propia

Como parte del trabajo entregable por parte de los estudiantes, se desarrollaron seis informes de laboratorio, los cuales fueron entregados a través del aula Moodle. Estos informes fueron calificados utilizando la escala de la institución.

1.5.2 Evaluación de la propuesta pedagógica

La evaluación de la propuesta pedagógica se estructuró en tres etapas. En primer lugar, se realizó la aplicación de las pruebas de conocimiento (pos-test) con el fin de evaluar el aprendizaje de los contenidos relacionados con las competencias de comprensión, explicación e indagación. La segunda etapa incluyó la implementación de una encuesta con escala tipo Likert, diseñada para medir la percepción de los estudiantes en relación con la propuesta pedagógica, las actividades y los simuladores utilizados. En la tercera etapa se llevó a cabo el análisis de los datos obtenidos, empleando técnicas de estadística descriptiva, pruebas de normalidad, análisis multivariados y pruebas específicas.

La prueba de conocimiento (pos-test) se realizó a través de un formulario de Google Docs al finalizar la tercera semana, siguiendo las mismas condiciones de aplicación que se utilizaron en la prueba de conocimiento inicial (pre-test). Por otro lado, la encuesta con escala tipo Likert se implementó también mediante un formulario de Google Docs, con el propósito de evaluar la percepción de los estudiantes en relación con la propuesta pedagógica, las actividades y los simuladores.

El análisis de datos se enfocó en la evaluación e interpretación de los resultados de la prueba de conocimiento y la rúbrica de evaluación, con el fin de determinar si la propuesta pedagógica contribuyó a mejorar el proceso de aprendizaje en el ámbito de la física eléctrica y la electrodinámica. Además, se analizaron e interpretaron los resultados de la encuesta con escala tipo Likert, con el objetivo de verificar la percepción de los estudiantes sobre la metodología utilizada y obtener información relevante para posibles planes de acción futuros.

CAPÍTULO 2.

Bases Teóricas Sobre el Uso e Integración de Simuladores en la Educación

Introducción

Este capítulo profundiza en la fundamentación teórica y conceptual que sustenta la presente investigación. Su objetivo es proporcionar una comprensión sólida y precisa de los conceptos esenciales relacionados con la simulación y su impacto en los procesos de aprendizaje y enseñanza. Se exploran los beneficios intrínsecos de la simulación, las estrategias pedagógicas derivadas de su aplicación, y se examina el ámbito del aprendizaje activo y significativo.

Se analiza detalladamente el enfoque del método sistémico funcional y su aplicabilidad en la creación de actividades educativas que integran simuladores, ofreciendo una visión integral de cómo esta herramienta puede potenciar la comprensión y retención de conceptos en el ámbito de la física en la educación media.

Además, los referentes revisados sitúan la investigación en un contexto más amplio, consolidando de manera sistemática los antecedentes investigativos previos relacionados con las temáticas conexas al estudio. Esta revisión exhaustiva del trabajo previo sienta las bases para comprender la relevancia y originalidad de la investigación en el panorama académico actual.

Por otra parte, la adquisición de conocimientos abarca dos procesos críticos: la *formación*, que implica el aprendizaje de atributos directa y continuamente de la experiencia, y la *asimilación*, que es un aprendizaje progresivo que coincide con la expansión de la terminología del estudiante. Esta expansión es esencial, ya que permite la identificación e integración de los atributos del conocimiento dentro del marco cognitivo del estudiante (Londoño *et al.*, 2015). Por ejemplo, un estudiante puede estar familiarizado con los atributos de "física, química y biología"", pero puede no reconocer que estos conceptos están interconectados bajo el término general "Ciencias".

2.1 Marco teórico

2.1.1 Saberes

El término "saber" proviene del latín *sapere*, que significa tener inteligencia o conocimiento sobre algo. Sin embargo, su significado puede variar dependiendo del contexto en el que se aplique; en particular, en esta investigación se relaciona con los conceptos. El saber se vincula, entonces, con un aprendizaje que se internaliza y se ajusta a una estructura de significados que permiten su interpretación (Amaya, 2011). Además, la comprensión que alcance el alumno dependerá de su capacidad para activar conocimientos previos y reflexionar sobre las relaciones conceptuales propuestas en las actividades didácticas (Pozo y Gómez, 1998).

Los saberes se adquieren gradualmente, se interpretan en diferentes niveles y dependen de la experiencia. Por lo tanto, generar prácticas que establezcan relaciones causales entre el fenómeno y su significado aumenta las oportunidades de fortalecerlos (Amaya, 2011). Desde otra perspectiva, los conceptos asociados a los saberes también pueden ser definidos como "objetos, eventos, situaciones o propiedades que poseen atributos o criterios comunes y que se designan mediante algún símbolo o signo" (Ausubel, 1978, p. 61). Su función es simbólica y surge de la relación entre el significado y los atributos que lo definen.

La adquisición de conocimientos implica dos procesos fundamentales: la *formación* y la *asimilación*. La formación se refiere a la adquisición directa y continua de atributos de saberes a través de la experiencia. En contraste, la asimilación, o aprendizaje, se desarrolla de manera progresiva a medida que el estudiante amplía su vocabulario, lo que le permite identificar los atributos de los conocimientos y combinarlos en función de su estructura cognitiva (Londoño *et al.*, 2015).

Para ilustrar este concepto, consideremos un ejemplo en el que un estudiante posee conocimientos en áreas como la física, la química y la biología, reconociendo adecuadamente sus características individuales. Sin embargo, es posible que aún no haya advertido la posibilidad de relacionar conceptualmente estos campos bajo un término más amplio, como "Ciencias".

En línea con el ejemplo mencionado anteriormente y las aclaraciones previas, es importante destacar la importancia de las estructuras conceptuales en el proceso de aprendizaje. Según Izquierdo Arroyo (1995), una estructura conceptual se define como un producto de la mente que se asemeja a una idea de naturaleza compleja, compuesta por múltiples elementos y relaciones tanto internas como externas. Estas estructuras conceptuales desempeñan un papel fundamental en la adquisición de conocimientos.

El aprendizaje de saberes

En las últimas décadas ha surgido una variación en el paradigma de la enseñanza-aprendizaje que abarca varios aspectos fundamentales en relación con el aprendizaje, específicamente en lo que respecta al aprendizaje de conocimientos. En primer lugar, los individuos se enfrentan diariamente al desafío de generar conocimiento en lugar de limitarse a reproducirlo, ya que la simple repetición carece de un impacto significativo y no presenta desafíos notables (Torres, 2005).

Además, los estudiantes pueden alcanzar un nivel óptimo de competencias cuando se les motiva a involucrarse activamente en el proceso de aprendizaje. Esto implica participar en actividades de resolución de

problemas reales, llevar a cabo proyectos científicos de investigación y crear trabajos escritos originales. También incluye el fomento del diálogo con otros estudiantes sobre temas de interés, así como la participación en actividades artísticas y la creación de nuevos objetos (Crawford, 2004).

De acuerdo con los avances en la psicología del aprendizaje, se entiende que este debe ser un proceso activo, situado en un contexto específico, interactivo, significativo y colaborativo (Martínez, 2016). Es importante tener en cuenta que la noción de que el cerebro funciona de manera similar a un procesador serial, es decir, recibiendo órdenes y procesando de forma lineal, solo es aplicable en sistemas educativos tradicionales. Por tanto, para lograr un auténtico aprendizaje de conocimientos, es crucial comprender que la mente es capaz de procesar múltiples tipos de información y estímulos de manera simultánea (Sánchez, 2002).

2.1.2 Simulación en la enseñanza

Simulador por computador

La definición de simulador es amplia y variada. Así, se señala por ejemplo que se trata de "un modelo científico de un sistema o proceso real o teórico que contiene información sobre el comportamiento del sistema, lo que permite la experimentación" (Thomas y Milligan, 2004,87), con la finalidad de aprender o evaluar estrategias para el funcionamiento del sistema (Shannon y Aldrete Bernal, 1988). Este entorno dinámico permite experimentar y realizar aproximaciones de una situación real de la teoría a la práctica, lo que permite al estudiante aprender manipulando y observando (Cunguan, 2019). Las simulaciones se basan en el modelado matemático de un fenómeno del entorno real (Rubio *et al.*, 2016).

Consecuentemente, un simulador es una combinación de *hardware* y *software* en la que, mediante algoritmos, se reproduce el comportamiento de un proceso, sistema o fenómeno físico. Es decir, las condiciones reales son recreadas artificialmente con el objetivo de aprender, practicar acciones o habilidades que luego se aplican en un entorno real (Informática Educativa, 2012). Un ejemplo es el de un piloto de aviación, quien ensaya

en ambientes simulados que reproducen condiciones de vuelo, lo que le permite experimentar e incluso cometer errores para adquirir destrezas que luego son llevadas a vuelos reales. Así, un simulador funciona como un sistema técnico que, al imitar unas circunstancias reales, reproduce las condiciones propias de una actividad (Significado.com, 2015).

Finalmente, los simuladores de calidad se caracterizan por contar con representaciones visuales de fenómenos naturales, además de modelos gráficos intuitivos, interactivos y con un alto nivel de realismo, que apoyan la naturaleza activa del aprendizaje, la interactividad con el conocimiento previo y el reajuste de las nuevas estructuras cognitivas (Velásquez, 2009). Su uso adecuado en determinados contextos del aprendizaje favorece el desarrollo conceptual en diversos campos (Velasco y Buteler, 2017).

Beneficios del simulador para la enseñanza

Los simuladores han generado diversos efectos positivos en la enseñanza (figura 15). Estos permiten la experimentación y la manipulación de variables para probar hipótesis, así como la realización de experimentos en un entorno seguro un número ilimitado de veces de manera espontánea. A través del simulador, los estudiantes pueden inferir las características del fenómeno estudiado al comparar los resultados de los experimentos. La repetición del mismo experimento bajo diferentes condiciones contribuye a la comprensión teórica de un fenómeno (Batanero, 2001). De igual manera, permiten al estudiante imitar el quehacer de un científico en la vida real, propiciando el desarrollo de habilidades (Quevedo, 2013).

En el proceso de aprendizaje, los simuladores permiten al estudiante aprender a su ritmo y mejorar su comprensión del fenómeno. Al cometer errores, los estudiantes reflexionan y cuestionan su aprendizaje, generando interrogantes y guiando la exploración. Esto genera un proceso reflexivo propiciado por el simulador. Además, ensayar y cometer errores está implícito en el uso de simuladores, lo que puede generar un proceso de aprendizaje reflexivo, orientado permanentemente por el docente (Huppert *et al.*, 2002; Wieman *et al.*, 2008).

En la enseñanza, el uso de los simuladores capacita a los estudiantes para la construcción de modelos representativos de un fenómeno y la posibilidad de comprobarlos. Además, ayuda a fortalecer los conceptos, pues genera más oportunidades de práctica; igualmente, incrementa las oportunidades para generar relaciones causales entre el fenómeno de estudio y su significado (Amaya, 2011). Estas características facilitan el aprendizaje de saberes. La simulación muestra la naturaleza de un fenómeno, por lo que el estudiante puede explorar, manipular y experimentar cambiando las condiciones y observando el resultado de forma inmediata, es decir, recibe un *feedback* inmediato (Thomas y Milligan, 2004).

Considerando las contribuciones de Amaya (2011), Batanero (2001), Cunguan (2019), Informática Educativa (2012), Huppert *et al.* (2002), Significado.com (2015), Quevedo (2013), Thomas y Milligan (2004), Velasco y Buteler (2017), Velásquez (2009) y Wieman *et al.* (2008), tal como han sido referenciados en Rodríguez *et al.,* (2021), en el contexto de esta investigación, un simulador se define como una herramienta informática que busca modelar de manera aproximada el comportamiento de un fenómeno físico o un entorno real. Este modelado se logra a través de un programa de computadora diseñado con las siguientes características deseables: calidad gráfica, inductividad, interactividad, atractivo visual, fidelidad a la realidad del fenómeno, facilidad de acceso, portabilidad, compatibilidad multiplataforma y seguridad garantizada para el usuario, sin riesgos.

El simulador debe permitir, con relación al fenómeno simulado: observar, experimentar, explorar, manipular variables, repetir, probar hipótesis, inferir, comparar, reflexionar, generar preguntas, cometer errores, establecer relaciones causales y construir modelos representativos apoyados en el contexto del estudiante (figura 15).

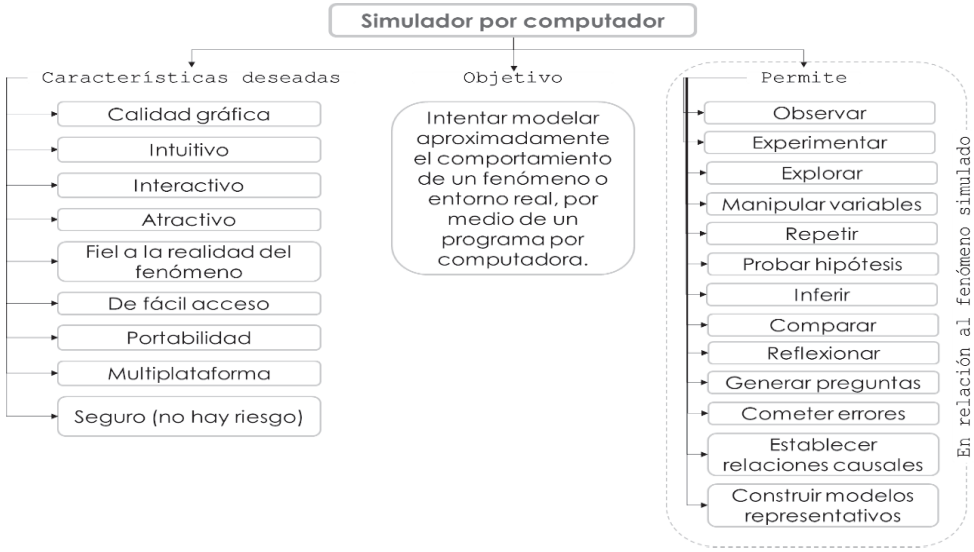


Figura 15. Características de un simulador por computador.

Fuente: Elaboración propia. Basado en los aportes de aportes de Amaya (2011), Batanero (2001), Cunguan (2019), Informática Educativa (2012), Huppert *et al.* (2002), Significado. com (2015), Quevedo (2013), Thomas y Milligan (2004), Velasco y Buteler (2017), Velásquez (2009) y Wieman *et al.* (2008) citados por Rodríguez-Abril *et al.* (2021, p. 224).

Simuladores PhET en el aprendizaje y enseñanza de la física

En el ámbito del aprendizaje de la física, la integración de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) ha promovido la adopción de herramientas pedagógicas innovadoras, entre las cuales los simuladores PhET (Physics Education Technology) representan un caso destacado. Estas herramientas han suscitado un considerable interés académico, evidenciado por aproximadamente 16 000 menciones en documentos indexados por Google Académico, bajo la ecuación de búsqueda "PhET".

El proyecto PhET, iniciado en 2002 por Carl Wieman, galardonado con el Premio Nobel, fue desarrollado por la Universidad de Colorado, en Boulder, EE. UU., y se presenta como una plataforma web de acceso gratuito que ofrece simulaciones interactivas destinadas a la enseñanza de las ciencias. Con base en investigaciones educativas, propone un entorno de aprendizaje que recuerda a un juego interactivo, donde el descubrimiento,

la visualización y la manipulación son claves para el aprendizaje. Entre los aspectos más sobresalientes del proyecto PhET se encuentran su carácter no lucrativo, la disponibilidad de simulaciones en varios idiomas, la diversidad de formatos (Java, Flash o HTML5) y la posibilidad de uso en línea o descarga para uso en escritorio (University of Colorado Boulder, s. f.).

Las simulaciones interactivas PhET ofrecen herramientas diseñadas y evaluadas con el objetivo de potenciar la conciencia del estudiante sobre su propio aprendizaje, así como desarrollar y examinar su comprensión y razonamiento en temas científicos. Cada simulación respalda múltiples objetivos de aprendizaje, incentivando a los usuarios a explorar y comprender la experimentación, promover el trabajo colaborativo, contextualizar la ciencia en la vida cotidiana y fomentar la comunicación entre pares para verificar la adquisición de conocimientos propios (Díaz, 2017).

En el campo de la física, las simulaciones PhET han sido implementadas eficazmente en diversos contextos educativos, demostrando su versatilidad y eficacia como herramientas didácticas. A continuación, se presentan ejemplos destacados de su aplicación:

- Enseñanza de corriente alterna mediante experimentación: Hernández *et al.* (2016) integraron el simulador PhET ""Kit de construcción de circuitos (CA y CC)" en sus metodologías didácticas. Esta herramienta facilitó la comprensión de conceptos fundamentales de la corriente alterna a través de una aproximación práctica y experimental.
- Aprendizaje de cargas eléctricas en movimiento: Yánez (2018) implementó el simulador PhET "Cargas y campos" con estudiantes de octavo grado, propiciando un entorno interactivo para explorar las dinámicas de las cargas eléctricas y su comportamiento en distintos campos eléctricos.
- Enseñanza de las leyes de Newton: Cunguan (2019) recurrió al simulador PhET "Fuerzas y Movimiento" para elucidar los principios fundamentales de las leyes de Newton. Esta herramienta ofreció a

los estudiantes la oportunidad de visualizar y manipular variables, consolidando su entendimiento de las leyes que rigen el movimiento.

- Desarrollo de competencias científicas en el tema de ondas: Albarracín y Ramírez (2017) emplearon los simuladores PhET "Movimiento ondulatorio"", "Reflexión y refracción de la luz", "Movimiento rectilíneo uniforme" e "Inducción electromagnética". Estas herramientas sirvieron como ejes de aprendizaje, fomentando el desarrollo de habilidades científicas a través de la exploración de fenómenos ondulatorios.
- Aprendizaje de conceptos de energía: Martínez (2016) utilizó el simulador PhET "Energía en la pista de patinaje" para abordar la enseñanza de conceptos relacionados con la energía. Esta simulación permitió a los estudiantes investigar las transformaciones y conservación de la energía en un contexto lúdico e interactivo.

Estos ejemplos evidencian la eficacia de las simulaciones PhET como recursos didácticos en el ámbito de la educación en física, permitiendo a los educadores crear entornos de aprendizaje dinámicos y participativos que fomentan la comprensión profunda de conceptos científicos complejos.

2.1.3 Estrategias pedagógicas en la física

Las estrategias didácticas en la enseñanza de la física constituyen un componente esencial para facilitar la comprensión y el dominio de conceptos complejos por parte de los estudiantes. La planificación y la ejecución de estas estrategias, tal como señalan Sánchez-Otero *et al.* (2019), deben orientarse a promover un aprendizaje significativo y a alcanzar los objetivos educativos establecidos, contribuyendo así a la mejora de la calidad educativa y el rendimiento académico. Según Ausín *et al.* (2016), la efectividad de estas estrategias radica en su capacidad para integrar elementos de autonomía, acompañamiento, autodirección y evaluación continua, asegurando que sean flexibles, pertinentes y adaptadas al contexto específico de aplicación.

A continuación, se exponen algunas metodologías prominentes en la enseñanza de la física, que reflejan la diversidad de enfoques y herramientas disponibles para los educadores:

Metodología activa

La metodología activa en la enseñanza de las ciencias, tal como describen Fernández *et al.* (2005), se fundamenta en el diseño y secuenciación de actividades que promuevan la interacción activa entre estudiantes y docentes, con el fin de facilitar la construcción colaborativa del conocimiento. Esta aproximación didáctica no solo involucra a los participantes en el proceso educativo, sino que también concibe a la ciencia como un ente dinámico y en constante evolución, reforzando la comprensión de que el aprendizaje científico es un proceso interactivo y reflexivo. Esta metodología está compuesta por varios procesos, que incluyen prueba inicial, práctica de laboratorio, esquemas de conocimiento, prácticas sencillas, diseño de situaciones, informe científico y evaluación (figura 16).

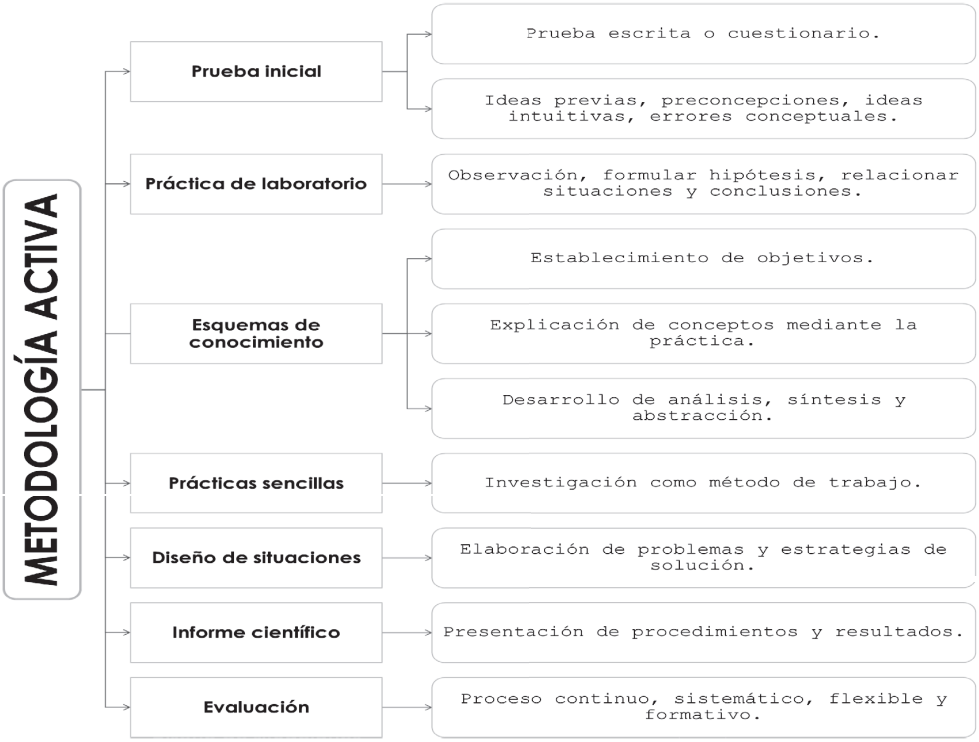


Figura 16. Esquema de la metodología activa. Fuente: Autor, adaptado de Fernández *et al.* (2005).

Aprendizaje significativo y funcional

Este enfoque pedagógico se centra en la formulación de relaciones y explicaciones cualitativas que vinculan los principios fundamentales de la física con situaciones cotidianas. Un ejemplo ilustrativo de este método se reporta en el estudio de González y Gómez (2005), donde se observa que, tras la remoción de telarañas en una vivienda, se incrementa el alcance de las ondas, un fenómeno explicado a través del concepto de difracción de las ondas.

Como enriquecimiento a esta estrategia, Caamaño (2011) propuso una serie de actividades didácticas destinadas a estudiantes de secundaria, con el propósito de cultivar competencias científicas. Estas actividades abarcan un espectro amplio, incluyendo la planificación y ejecución de prácticas experimentales tanto en entornos naturales como de aula, lo cual fomenta el trabajo colaborativo. Además, se promueven debates reflexivos y argumentativos sobre las experiencias prácticas guiadas por el docente, así como la elaboración de mapas mentales y conceptuales. La metodología se completa con prácticas de autoevaluación y evaluación crítica, junto con la aplicación práctica de conceptos teóricos en contextos reales.

Para optimizar el impacto de estas estrategias didácticas, es crucial que el educador se prepare minuciosamente. Esto implica la creación detallada de secuencias de aprendizaje que incorporen ejemplos relevantes de la vida diaria, adaptados a los contenidos curriculares. La adecuada preparación docente asegura una enseñanza más efectiva y contextualizada, facilitando la conexión entre el conocimiento teórico y su aplicación práctica.

Método sistémico estructural

Con el objetivo de redefinir el aprendizaje de la física, transformándolo de un fin en sí mismo a un vehículo para la adquisición de conocimiento científico, se introdujo el "método sistémico estructural" (Ruiz *et al.*, 2010). Este enfoque metodológico se enfoca en contextualizar el conocimiento científico en el entorno cotidiano de los estudiantes, alineándose con los planteamientos previos de González y Gómez (2005) y Caamaño (2011).

No obstante, este método se distingue por varios aspectos fundamentales: la consideración de la individualidad del estudiante, el reconocimiento del docente como un mediador esencial en el proceso de aprendizaje, la adaptación del enfoque pedagógico al contexto específico de enseñanza, y la identificación y aplicación de estrategias didácticas optimizadas para facilitar la comprensión de la física. Estos elementos constituyen un sistema integrado que busca enriquecer la experiencia educativa y promover un aprendizaje significativo y personalizado en el campo de la física (figura 17).

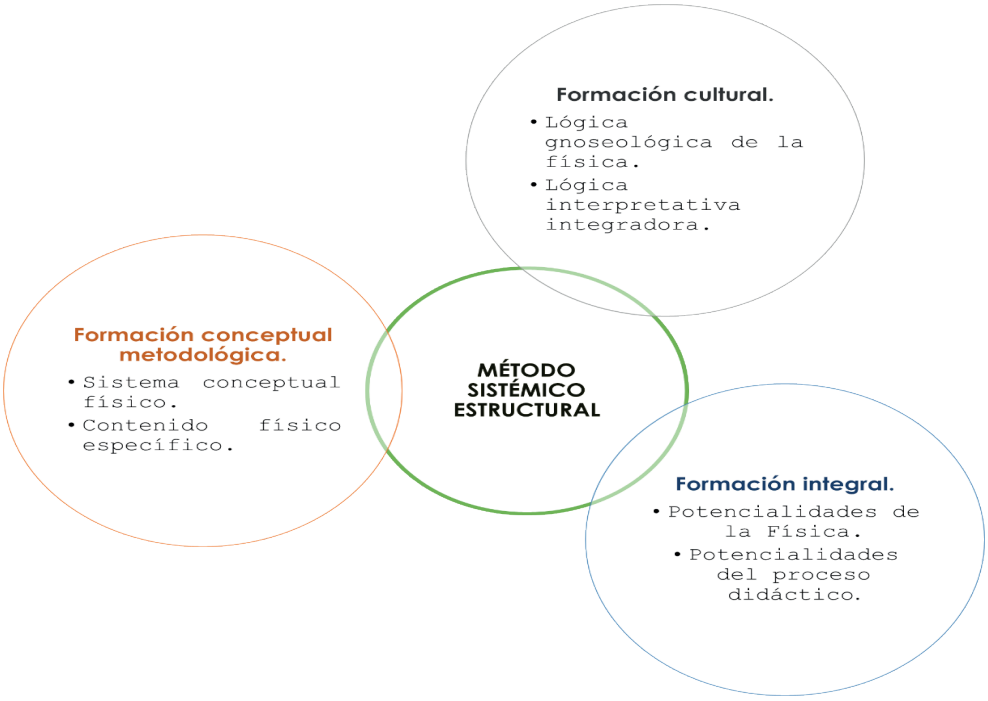


Figura 17. Esquema de método sistemático estructural. Fuente: Autor, sinterizado de Ruiz.

El método sistémico estructural se articula en torno a tres pilares fundamentales, delineando un enfoque integrador para la enseñanza de la física:

Formación conceptual pedagógica: Este primer elemento instaura una relación dinámica entre el conocimiento global y sus componentes individuales. Incorpora el sistema conceptual de la física, englobando todos los elementos cruciales del proceso educativo, tales como el conocimiento propiamente dicho, las habilidades a desarrollar, las estrategias didácticas y las metodologías aplicadas. Asimismo, este componente se vincula estrechamente con el contenido específico de la física, facilitando su integración en los programas académicos y asegurando que la enseñanza sea comprehensiva y coherente.

Sistema de formación cultural: Este aspecto del método pone énfasis en la enseñanza de la física en conexión directa con el contexto cultural y vivencial del estudiante. Se compone de dos dimensiones esenciales: la lógica gnoseológica, que examina y sistematiza los fenómenos físicos desde una perspectiva científica, y la lógica interpretativa integradora, que promueve el análisis y la comprensión del movimiento físico tanto de forma holística como detallada. El propósito de este sistema es educar a los estudiantes no solo en términos de conocimientos específicos, sino también en su capacidad para provocar cambios y comprender la realidad a través de un pensamiento argumentativo e interpretativo. Este enfoque facilita la vinculación de los principios físicos con las experiencias cotidianas de los estudiantes, mejorando la asimilación de conceptos, teorías y contenidos.

Formación integral: La intersección de los subsistemas anteriores culmina en la formación integral, optimizando el aprovechamiento de las sinergias entre la didáctica y la disciplina física. Este enfoque holístico permite al estudiante amalgamar su educación científica con aspectos sociales, propiciando que sus acciones repercutan tanto en el ámbito personal como en el comunitario.

Para que esta estrategia didáctica se implemente de manera efectiva, resulta imprescindible que cada uno de los componentes estructurales mencionados satisfaga criterios específicos de funcionamiento y cohesión. La tabla 7 presenta los requerimientos del método sistémico estructural.

Tabla 7. Requerimientos de método sistémico estructural

Formación conceptual pedagógica	Formación cultural	Formación integral
Aplicación de habilidades para observar, interpretar, modelar y argumentar para desarrollar habilidades. Unificación de significados y sentidos.	Acercamiento al trabajo de las ciencias. Reflexión sobre la cultura de la física. Uso de hechos, teorías y conceptos para generar interpretación-argumentación. Integración del conocimiento con la sociedad y cultura. Debate sobre los beneficios y desaprovechamiento de la aplicación de la física.	Uso adecuado de la gnoseología física. Integración del conocimiento sobre física y axiología. Comprensión del carácter sistemático del proceso didáctico. Fomento del trabajo en equipo.

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los DBA Ministerio de Educación Nacional.

2.1.4 Creación de actividades con uso de simulaciones

La Universidad de Colorado, mediante su iniciativa PhET, proporciona una metodología de acceso abierto orientada a la elaboración de actividades educativas que incorporan simulaciones, fundamentándose en un enfoque de indagación guiada. No obstante, es crucial reconocer que la eficacia del aprendizaje no se circunscribe únicamente a la calidad de las simulaciones empleadas, sino que también depende significativamente de la excelencia en el diseño de las actividades didácticas asociadas (Salas y Ardanza, 1995). Las simulaciones PhET facilitan que los estudiantes construyan su propio entendimiento de los conceptos científicos; en consecuencia, la universidad avanza en la propuesta de una metodología detallada destinada a los educadores para la creación de dichas actividades, enfatizando la importancia de integrar prácticas pedagógicas de calidad que complementen y potencien el uso de estas herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje (figura 18) (University of Colorado, 2014).

Procedimiento para la creación de actividades didácticas bajo un enfoque de PhET para la indagación guiada.

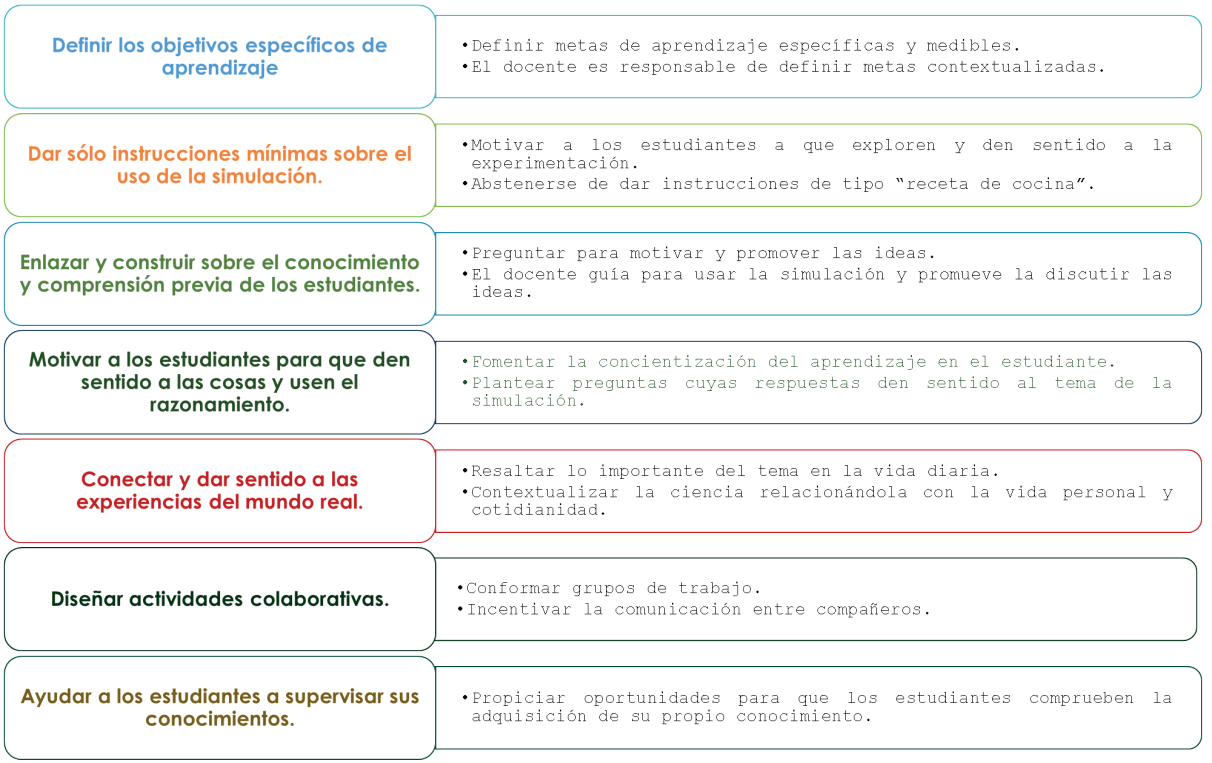


Figura 18. Procedimiento para la creación de actividades didácticas *PhET*.

Fuente: adaptado de University of Colorado (2014).

2.1.5 Evaluación de los aprendizajes de la física para Colombia

Con el desarrollo de la investigación se busca mejorar los saberes asociados a la física eléctrica, lo que a su vez contribuye indirectamente a la mejora de los resultados en las pruebas externas. Estas pruebas evalúan las competencias del estudiante para comprender y explicar fenómenos, basándose en la observación, nociones, conceptos y teorías propias del conocimiento de las ciencias naturales, y utilizarlos para la resolución de problemas. Su objetivo es evaluar la capacidad del estudiante para reconstruir significativamente el conocimiento y aplicarlo en un contexto que contribuya a la sociedad (Icfes, 2019a), en línea con los estándares básicos de competencias establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en 2006, donde se destaca, al menos en teoría, la importancia de la formación científica en el contexto actual.

Durante el examen, el estudiante es evaluado en tres competencias principales: *el uso comprensivo del conocimiento científico, la explicación de fenómenos y la indagación*. Estas competencias se desarrollan a partir de cuatro escenarios conceptuales que involucran conceptos de los componentes biológico, físico, químico y ciencia, tecnología y sociedad (figura 19).

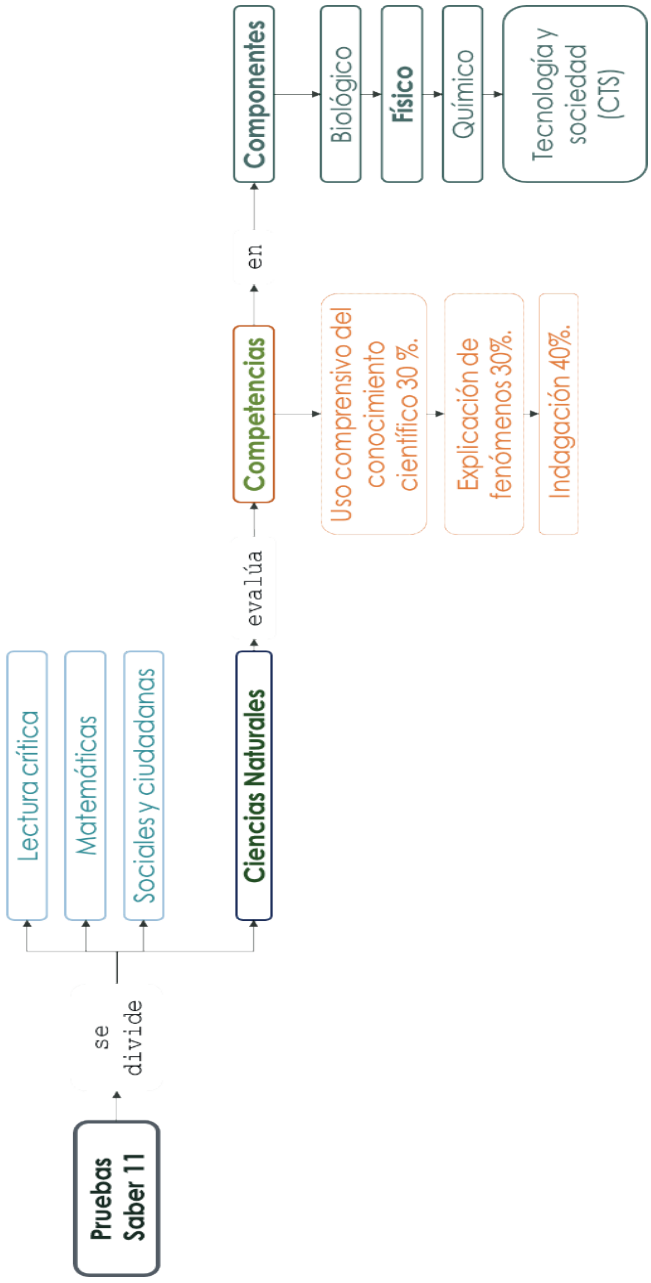


Figura 19. Estructura de prueba Saber 11.

Fuente: Autor , basado en Icfes (2019a).

Competencias según MEN

Se define la competencia como el conjunto de conocimientos, actitudes, disposiciones y habilidades (cognitivas, socio-afectivas y comunicativas), relacionadas entre sí para facilitar el desempeño flexible y con sentido de una actividad en contextos relativamente nuevos y retadores. Ser competente implica, por lo tanto, poseer conocimiento, ser capaz y saber hacer (Ministerio de Educación Nacional-MEN, s. f.). Desde la perspectiva pedagógica, y en consonancia con el cumplimiento de los estándares, se insta al docente a promover activamente estrategias que fomenten un aprendizaje activo y creativo, donde el estudiante construya su conocimiento, comprenda lo que se le enseña y sea capaz de transferirlo a sus propios contextos.

Para alcanzar este objetivo, se establecen los estándares básicos de competencias, que son los parámetros que los estudiantes de educación básica y media deben dominar para aprobar en el sistema educativo y cuando son evaluados interna o externamente (MEN, 2006). Estos estándares sirven como guía para: 1) diseñar el currículo, los planes de estudios, proyectos y apoyo al trabajo en el aula, 2) producir y seleccionar material escolar, 3) diseñar alternativas de evaluación y 4) formular programas y proyectos. De esta manera, las competencias evaluadas tanto interna como externamente se fundamentan en los criterios establecidos por los estándares básicos de competencias.

En el área de física eléctrica, el Ministerio de Educación Nacional (2006) define los siguientes estándares básicos:

- Establecer relaciones entre fuerzas macroscópicas y fuerzas electrostáticas.
- Relacionar el campo gravitacional y el electrostático, así como el campo eléctrico y el magnético.
- Relacionar el voltaje y la corriente con los diferentes elementos de un circuito eléctrico complejo y con el sistema en su conjunto.

2.1.6 Física eléctrica en educación media

La *electricidad*, derivada de la raíz griega "elektron", que significa ámbar, es "un fenómeno físico que se origina del movimiento de partículas subatómicas por medio de cargas eléctricas a través de la atracción y repulsión de las mismas" (Llamas, 2015, p. 100). Esta es la fuente energética más utilizada, y permite el funcionamiento de la tecnología que conocemos; por lo tanto, resulta importante estudiar la física eléctrica, especialmente en lo que respecta a las cargas en reposo o en movimiento.

Los saberes establecidos para impartir la física eléctrica en la física básica de secundaria deben abordar la electricidad y subtemas como electrostática y electrodinámica, además del magnetismo (incluyendo el electromagnetismo; (Institución Educativa Enrique Suárez, 2018; MEN, 2006)). En las publicaciones de editoriales como Santillana, McGraw-Hill y Norma para la educación secundaria, es fundamental abordar un desglose de temas como carga, campo, potencial y corriente eléctrica (Gutiérrez, 2019; Morales e Infante, 2005; Rojas y Castaño, 2016) (figura 20).

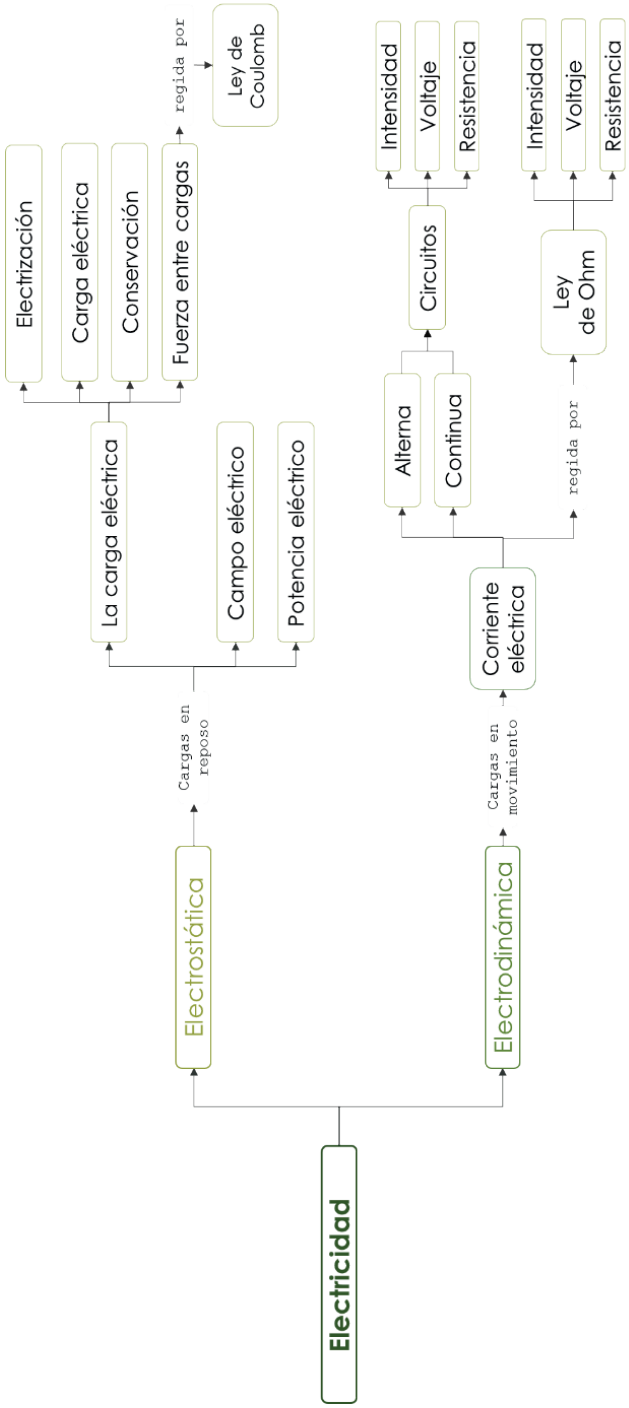


Figura 20. Ontología de la electricidad de la física eléctrica para la educación media.

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Antecedentes de la investigación

Las formas de aprendizaje y enseñanza en el campo de la física han experimentado transformaciones significativas en las últimas décadas. Desde la tradicional transmisión de información a través de tableros verdes, tizas y laboratorios físicos inaccesibles para los estudiantes, hemos evolucionado hacia una amplia variedad de herramientas educativas computarizadas disponibles en línea. Cuando se utilizan de manera adecuada, estas herramientas fomentan un aprendizaje activo (Duart y Sangrá, 2005). Sin embargo, su gran diversidad plantea interrogantes sobre cómo emplearlas eficazmente, qué criterios considerar al seleccionarlas y qué estrategias implementar para integrarlas en el aula de clase. En este contexto, se llevó a cabo una revisión de los estudios previos relacionados con el uso de simuladores para el aprendizaje de la física durante el período de 2011 a 2020.

La revisión de trabajos permitió identificar, como primera categoría, la modelación y simulación por computadora para la enseñanza de la física. Aunque a veces se utilizan como sinónimos, se considera que son procesos distintos, siendo la modelación un proceso de construcción, validación, uso y revisión de modelos científicos (Halloun, 2006). La simulación, por su parte, ha sido la aplicación más común de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la enseñanza de las ciencias. En este sentido, López *et al.* (2016), a partir de una revisión literaria, sugieren que la enseñanza de la física mediante simuladores puede basarse en la teoría del aprendizaje significativo crítico, que proporciona procesos y condiciones para que el estudiante construya su propio conocimiento a través de una percepción reflexiva.

Sin embargo, la mayoría de los estudios analizados evidencian que el uso de simuladores se fundamenta en ideas epistemológicas contemporáneas, en las que se considera que la ciencia es parte de una construcción colectiva de carácter social y que los estudiantes son sujetos del conocimiento. A pesar de esto, algunas visiones son descontextualizadas, lo que limita la capacidad de reflexión del docente y del estudiante sobre la naturaleza, el papel de los modelos científicos y el proceso de simulación en un contexto educativo (López *et al.*, 2016).

La investigación también deja ver que, a pesar del auge de los simuladores para enseñar física, el número de investigaciones publicadas al respecto es escaso. Además, la mayoría de los trabajos se desarrollan a nivel universitario, evidenciando deficiencias en las didácticas llevadas a cabo en la educación media. De manera paralela, hay un constante temor por parte de los docentes frente a los procesos investigativos.

Dentro del uso de las TIC, herramientas como los *smartphones* y las aplicaciones pueden ofrecer diversas opciones que dinamizan el aprendizaje dentro del aula. Sin embargo, no son muchas las iniciativas educativas que promueven su uso, especialmente en Colombia, debido principalmente al poco tiempo que ha transcurrido desde su popularización en el país, y por la idea sesgada de prohibir su uso en las escuelas. Aun así, existen algunos trabajos de interés, como Toolbox (mSchools, s. f.), un programa que recopila experiencias educativas que utilizan aplicaciones en diferentes niveles académicos; Más Ciencia, Por Favor (2014); o proyectos como los de Kleinemeier (2014) y González y González (2016), que utilizan aplicaciones para medir diferentes magnitudes.

No obstante, no se debe desconocer que, aunque en gran parte de las instituciones educativas algunos estudiantes pueden tener acceso a estos dispositivos, el uso que hacen de la tecnología en el aula se limita a la búsqueda de información y no incluye su procesamiento (Pedró, 2011), o las explicaciones que ofrecen son transmisivas y no explotan todas las potencialidades del dispositivo para promover la práctica científica (López *et al.*, 2017).

Cabe destacar la importancia de adentrarse en el ámbito educativo de la simulación, especialmente en el campo de la física. Al comparar los resultados obtenidos tras la implementación de actividades utilizando técnicas de enseñanza tradicionales con grupos experimentales que emplean simuladores (Cunguan, 2019; Hernández *et al.*, 2016; Méndez, 2015), se evidencia una reducción significativa en la descontextualización del aprendizaje, una experiencia común en las instituciones educativas donde los conocimientos teóricos transmitidos a menudo carecen de aplicación práctica (Amaya, 2011). Por consiguiente, la simulación se

presenta como una herramienta que facilita la generación de eventos realistas y significativos dentro del entorno educativo (Yánez, 2018).

Además, la simulación se ha revelado como una herramienta tecnológica impactante en experiencias inclusivas, especialmente en la enseñanza de la física, donde desempeña un papel central. Su utilización ha simplificado el proceso de enseñanza-aprendizaje para poblaciones con necesidades educativas especiales, generando un aumento en la comprensión conceptual, cambios en la dinámica de trabajo en grupo y nuevas modalidades de aprendizaje. Es crucial señalar que la simulación puede integrarse con diversas herramientas convencionales, como hojas de cálculo (Raviolo *et al.,* 2011), así como con otros simuladores y aplicaciones de acceso gratuito (Hernández *et al.*, 2016; Lucero, 2015). La creación y validación de simuladores también pueden adaptarse a contextos específicos, como lo demuestra Cortés (2016), quien desarrolló una herramienta para simular el movimiento tridimensional de objetos, facilitando la comprensión de conceptos y procesos físicos tanto para estudiantes como para profesores.

A pesar del progreso de estas nuevas estrategias en el ámbito educativo, persiste una indiferencia hacia las asignaturas relacionadas con las ciencias, ya que muchos estudiantes muestran un escaso interés en el estudio de estas áreas, lo que resulta en una falta de desarrollo de su creatividad (Marbá y Márquez, 2010). Basándose en esta observación, Méndez (2015) investigó la falta de interés que suscita la física entre los estudiantes de secundaria y cómo la introducción de nuevos métodos didácticos puede modificar esta percepción. Aunque el grupo que utilizó tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) mostró un mayor interés en la asignatura, el autor señala que no se observó una motivación intrínseca significativa para el aprendizaje del contenido. También se han llevado a cabo investigaciones sobre la actitud de los estudiantes hacia la física mediante la implementación del uso de simuladores de fenómenos físicos en las clases (Durán, 2019).

No obstante, otros estudios han revelado que, a pesar de la actitud apática hacia las ciencias, el empleo de simuladores puede facilitar el proceso de aprendizaje y la asimilación de conceptos en las ciencias físicas. Hernández *et al.* (2016) evaluaron el grado de satisfacción con el aprendizaje de la

física mediante simulaciones y encontraron que estas producían un nivel y una eficacia significativamente superiores en comparación con el método tradicional. Siguiendo con investigaciones centradas en aspectos más allá del conocimiento, Martínez (2016) profundizó en las funciones de exploración, investigación y experimentación en el aprendizaje de conceptos, señalando la influencia positiva del uso de simuladores en su comprensión.

A nivel nacional, las investigaciones se han enfocado en diversos aspectos. Por ejemplo, se ha comparado y evaluado la eficacia de la simulación computarizada frente a las actividades realizadas en laboratorios reales (Amaya, 2011). Además, se han evaluado guías de trabajo contextualizadas que incorporan la herramienta de la simulación para, fomentar el aprendizaje autónomo y el interés por el trabajo colaborativo, beneficiando la comprensión de los principios físicos (Benjumea, 2016).

Otras investigaciones han tenido como objetivo promover competencias científicas mediante la incorporación de simulaciones (Albarracín y Ramírez, 2017), concluyendo que el uso de simuladores permite una reestructuración didáctica al hacer que las clases sean más dinámicas e introducir un enfoque práctico a los conocimientos a través de herramientas virtuales. Además, varios investigadores han desarrollado simulaciones destinadas tanto a estudiantes y profesores universitarios como a estudiantes de secundaria.

A nivel local, una investigación realizada en la UPTC diseñó un recurso didáctico computarizado en el campo de las ciencias naturales, adaptado a las características específicas de los usuarios. Este material proporciona una herramienta multimodal con una variedad de actividades que potencian los distintos estilos de aprendizaje, fundamentada en los estándares básicos del área de ciencias naturales para el grado undécimo (Ruiz-Macías y Duarte, 2018). En la mayoría de las investigaciones se destaca el estudio del impacto a nivel de enseñanza-aprendizaje, donde el uso de diversas herramientas TIC claramente genera una mejora conceptual en temas de física (Benjumea, 2016; Cunguan, 2019; Faúndez *et al.*, 2017; Sanhueza *et al.*, 2018; Yánez, 2018).

Sin embargo, hasta el momento, no se ha observado una integración completa de estos recursos al currículo ni a un entorno de aprendizaje contextualizado. Por lo tanto, en la presente investigación se emplearán herramientas de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), específicamente un simulador interactivo, integrado a una estrategia pedagógica, al currículo y al modelo pedagógico social cognitivo de la Institución Educativa Enrique Suárez de Almeida, con el objetivo de mejorar el aprendizaje de los conceptos de física eléctrica..

CAPÍTULO 3.

Propuesta Didáctica para Integrar Simuladores en la Educación en Ciencias - Caso Física Eléctrica

Introducción

El presente capítulo describe una propuesta didáctica para la integración de simuladores en la educación en ciencias naturales a nivel de educación media, específicamente dirigida a la enseñanza y el aprendizaje de física y electricidad con estudiantes de grado once. Se expone el diseño pedagógico de la propuesta, su desarrollo tecno-pedagógico en cada bloque o unidad temática, así como sus recursos educativos y actividades de aprendizaje implementadas en la plataforma Moodle. Finalmente, se presentan los resultados de la implementación de la propuesta didáctica con la comunidad educativa seleccionada, a lo que sigue una discusión de los resultados en relación con los estándares de aprendizaje definidos por el Ministerio de Educación Nacional para el área de física eléctrica en la educación media.

Los resultados indican que, después de la administración de pruebas de pre-test y pos-test, el rendimiento académico varió entre 2,87 y 3,62, representando niveles de rendimiento bajo y básico, respectivamente. El cambio cuantitativo más significativo fue en la competencia de uso del conocimiento científico. En relación con la percepción de los estudiantes sobre la estrategia, un 73,85% expresó una opinión favorable respecto al uso y aporte de los simuladores, mientras que alrededor del 60-67% consideró que su utilización es sencilla y facilita la comprensión de los

fenómenos simulados. Además, el 53 % estuvo de acuerdo en que la estrategia facilitó la comprensión de los temas de física y su aplicación en la resolución de problemas del entorno. Se destaca que los materiales, laboratorios y simuladores utilizados contribuyeron positivamente al desarrollo de competencias relacionadas con las ciencias.

En cuanto a las competencias evaluadas en el área de física eléctrica-electrodinámica, la estrategia pedagógica posibilitó que los estudiantes de grado once aumentaran el número de aciertos. Se observaron diferencias estadísticas significativas al comparar los resultados del pretest con los del pos-test en cada una de las competencias y a nivel general. Se registró un mayor rendimiento académico en las competencias de uso comprensivo del conocimiento, explicación de fenómenos e indagación.

Esta investigación destaca la importancia de evaluar y emplear los recursos digitales disponibles para la enseñanza, como en este caso los simuladores computacionales. Conocer sus características técnicas, funcionales, alcance y metodologías asociadas permite a los docentes adaptar su uso a las necesidades de los estudiantes y al contexto educativo de manera efectiva.

3.1 Diseño de la propuesta pedagógica

El contenido temático de la propuesta pedagógica priorizó los temas de física eléctrica-electrodinámica, los cuales se muestran en la figura 21 y en la tabla 8, en línea con los estándares, los DBA y las evidencias de aprendizaje. Para el desarrollo de la temática y la presentación de contenidos a los estudiantes, se organizaron tres bloques detallados también en la tabla 8 y en la figura 21.

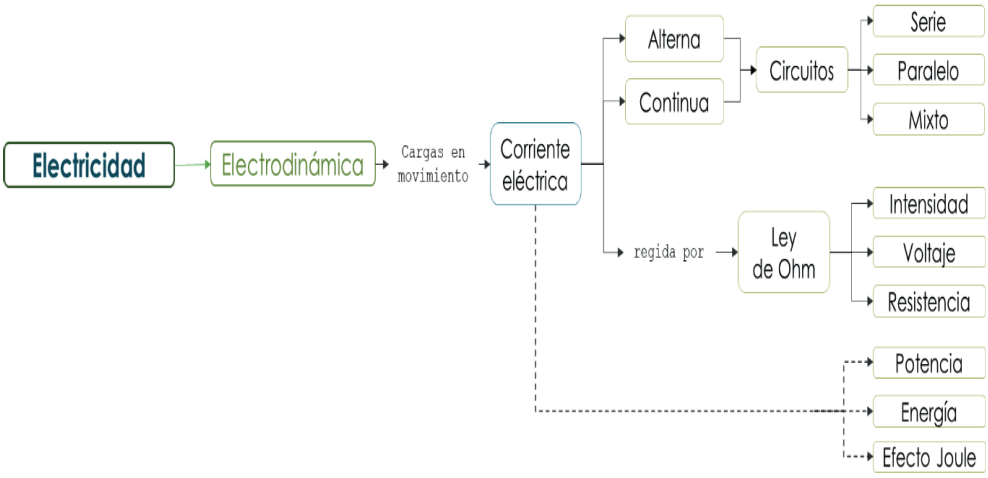


Figura 21. Temática física eléctrica electrodinámica priorizados.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Contenido temático según derechos básicos de aprendizaje (DBA)

Tema	Estándar básico de aprendizaje	Derecho básico de aprendizaje (DBA)	Evidencias de aprendizaje	Bloque Temático
Electrodinámica	Relaciono voltaje y corriente con los diferentes elementos de un circuito eléctrico complejo y para todo el sistema.	Comprende las relaciones entre corriente y voltaje en circuitos resistivos sencillos en serie, en paralelo y mixtos.	Determina las corrientes y los voltajes en elementos resistivos de un circuito eléctrico utilizando la ley de Ohm.	I. Ley de Ohm.
			Identifica configuraciones en serie, en paralelo y mixtas en diferentes circuitos representados en esquemas.	II. Circuitos eléctricos.

Tema	Estándar básico de aprendizaje	Derecho básico de aprendizaje (DBA)	Evidencias de aprendizaje	Bloque Temático
			Identifica características de circuitos en serie y paralelo a partir de la construcción de circuitos con resistencias.	
			Predice los cambios de iluminación en bombillos resistivos en un circuito al alterarlo (eliminar o agregar componentes en diferentes lugares).	III. Relación de potencia y energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de MEN, (2016).

Como se dijo, los contenidos temáticos se organizaron en tres bloques, y la propuesta pedagógica siguió la secuencia de motivación, reconocimiento de presaberes, profundización, transferencia y cierre cognitivo (figura 22).

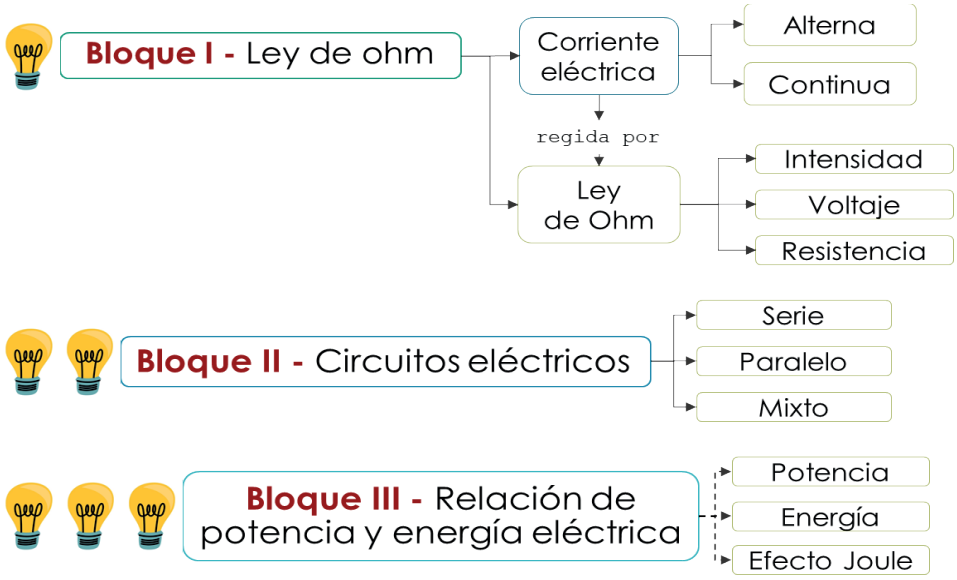


Figura 22. Contenido temático por bloques.

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración de los contenidos, distribuidos en tres bloques, la estrategia pedagógica adoptada se organizó siguiendo una secuencia estructurada que incluye: motivación inicial, reconocimiento de saberes previos, profundización en los temas, transferencia de los conocimientos adquiridos y cierre cognitivo (figura 23).

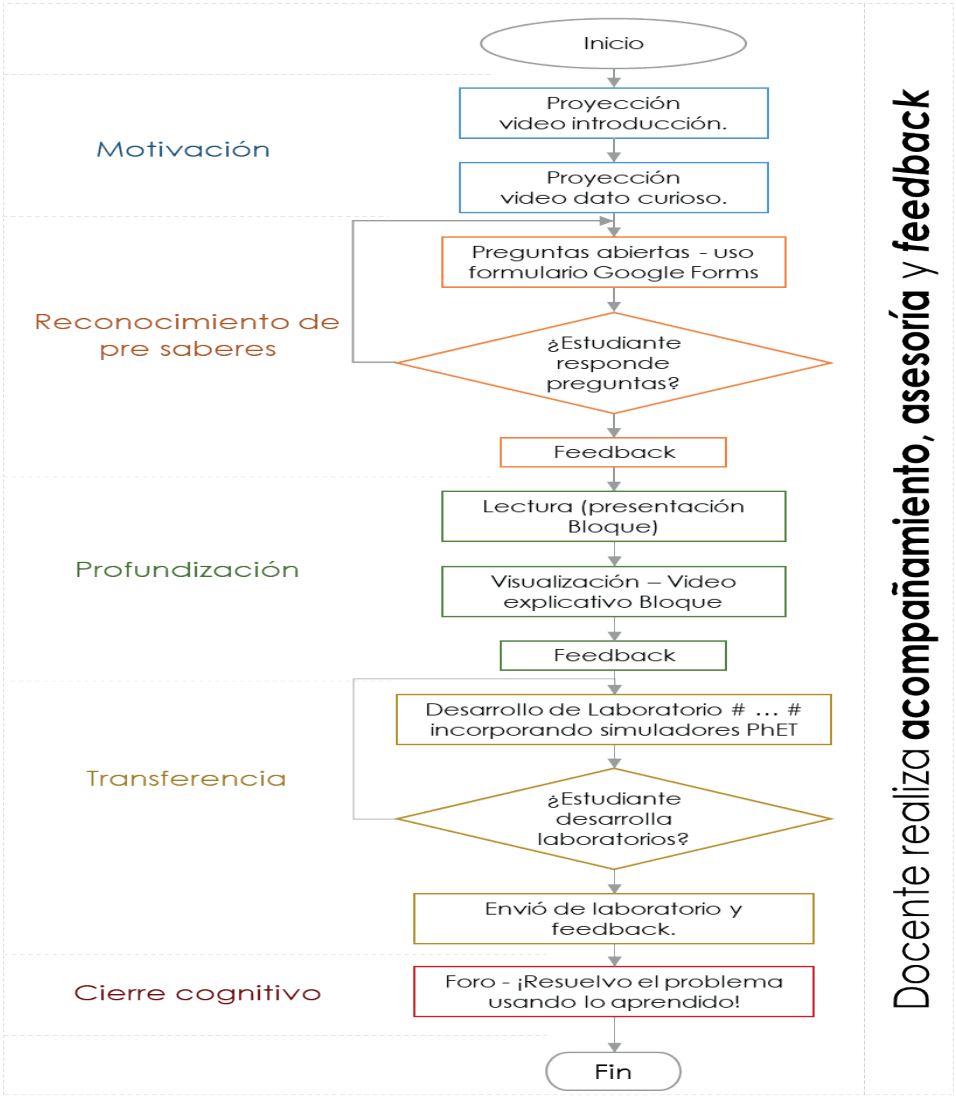


Figura 23. Diagrama de flujo de la secuencia pedagógica - secuencia por bloque temático. Fuente: Autor. Basada en los aportes del Aprendizaje significativo, estrategias pedagógicas en la física (Aprendizaje significativo y funcional, metodología activa, método sistémico estructural y el enfoque de indagación guiada.) -

Fuente: Elaboración propia

3.2 Selección de simuladores

Las evaluaciones y el análisis descriptivo de la funcionalidad del *software* de simulación se realizaron siguiendo los lineamientos propuestos por Ayala y Salinas (2019). Para este estudio, se seleccionaron dos plataformas de simuladores: PhET y Crocodile Physics Technology. Esta elección inicial se fundamentó en los hallazgos de Rodríguez-Hernández (2010), quien en su investigación identificó y clasificó varios simuladores de acceso libre para la enseñanza de la física. En este estudio previo, las soluciones PhET, Crocodile Physics Technology y Phystlets se destacaron por ofrecer los mejores recursos disponibles para su implementación. La selección de las plataformas para su evaluación se basó en los siguientes criterios:

- Funcionalidad.
- Confiabilidad y fiabilidad de la solución.
- Usabilidad.
- Eficiencia.
- Mantenimiento.
- Portabilidad.
- Propuesta didáctica de la solución.

Por su parte, en el trabajo de Rodríguez-Abril *et al.* (2021) se expone en detalle una metodología de evaluación de la simulación. En dicha publicación se detalla la forma en que se realizó la selección y evaluación de las plataformas de simulación mencionadas.

3.3 Desarrollo de la propuesta pedagógica

3.3.1 Definición de objetivos de aprendizaje

En concordancia con los objetivos de aprendizaje y los DBA (tabla 9), a continuación se presentan los objetivos de aprendizaje asociados a la necesidad del contexto, desglosados desde el saber, el saber hacer y el saber ser y estar.

Tabla 9. Objetivos de aprendizaje por bloque y desglosados.

Bloque temático	**Objetivo de aprendizaje ajustado**	**Objetivo de aprendizaje desglosados (saber, saber hacer, saber ser y estar)**
I. Ley de Ohm -Tipos de corriente. -Voltaje, corriente, resistencia. -Ley de Ohm.	Comprender los conceptos de corriente, voltaje y resistencia y determinar sus valores utilizando la ley de Ohm.	*Saber:* Comprender los conceptos de corriente, voltaje y resistencia y su interacción regida por la ley de Ohm. *Saber hacer:* Determinar los valores de corriente, voltaje y resistencia en un circuito usando la ley de Ohm. *Saber ser y estar:* Reconocer aplicabilidad de ley de ohm para el desarrollo de circuitos sencillos.
Ii. Circuito Eléctrico -Circuito serie. -Circuito paralelo. -Circuito mixto.	Identificar las configuraciones y características de los circuitos en serie, en paralelo y mixtas.	*Saber:* Comprender las características de comportamiento de los circuitos en serie, en paralelo y mixtas. *Saber hacer:* Determinar los valores de la resistencia corriente, voltajes equivalentes en circuitos en serie, en paralelo y mixtos. *Saber ser y estar:* Reconocer circuitos en serie, en paralelo y mixtos, su aplicabilidad en el entorno y la cotidianidad.

III. Relación de potencia y energía eléctrica -Energía eléctrica. -Potencia eléctrica. -Efecto Joule.	Comprender unidades asociadas al consumo de la energía.	*Saber:* Comprender los conceptos asociados a potencia y energía eléctrica. *Saber hacer:* Determinar los valores de potencia y energía de electrodomésticos presentes en su entorno. *Saber ser y estar:* Aplica los conceptos de potencia y energía para mejorar la eficiencia energética de su hogar o comunidad.

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Construcción y recolección de material pedagógico

El material pedagógico construido y recolectado se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Material pedagógico construido y recolectado.

Bloque	Material didáctico auxiliar	Fuente
I	Video introductorio bloque I	Autor
	Video: La curiosa historia de la electricidad	(Los creadores, 2015)
	Formulario presaberes I	Autor
	Presentación bloque I	Autor
	Guía laboratorio 1 - Corriente eléctrica	Autor
	Guía laboratorio 2 - Corriente continua y corriente alterna	
	Guía laboratorio 3 - Resistencia eléctrica de un material.	
	Guía laboratorio 4 – Ley de Ohm	
	Foto - ¡Resuelva el problema usando lo aprendido! – Bloque I	Autor

II	Video introductorio bloque II	Autor
	Video: Cómo funcionan los circuitos electrónicos	(Platzi, 2016)
	Formulario presaberes II	Autor
	Presentación bloque II	Autor
	Guía laboratorio 5 - Circuitos serie, paralelo y mixto	Autor
	Foto - ¡Resuelva el problema usando lo aprendido! – Bloque II	Autor
III	Video introductorio bloque III	Autor
	Video: Energía y Potencia ¿En qué se diferencian?	(Lijo, R., 2020)
	Formulario presaberes III	Autor
	Presentación bloque III	Autor
	Guía laboratorio 6 - Circuitos serie, paralelo y mixto	Autor
	Foto - ¡Resuelva el problema usando lo aprendido! – Bloque III	Autor

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 11 muestra los simuladores PhET seleccionados que se ajustaron a los objetivos de aprendizaje.

Tabla 11. Simuladores usados por bloque y objetivo de aprendizaje asociado.

Bloque	Laboratorio	Simulador	Objetivo que trabaja

I	Corriente eléctrica.	Señal de circuito (University of Colorado Boulder, 2011a).	Comprender los conceptos de corriente, voltaje y resistencia y determinar sus valores utilizando la ley de Ohm.
I	Tipos de corriente.	Kit de construcción de circuitos CA y CC, Laboratorio virtual (University of Colorado Boulder, 2011b).	
I	Resistencia de un alambre.	Resistencia de un alambre (University of Colorado Boulder, 2021c).	
I	Ley de Ohm.	Ley de Ohm (University of Colorado Boulder, 2021b).	
II	Circuitos serie, paralelo y mixto.	Kit de Construcción de Circuitos: CD - Laboratorio Virtual.	Identificar las configuraciones y características de los circuitos en serie, en paralelo y mixtas.
III	Potencia y energía.		Comprender unidades asociadas al consumo de la energía.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Alojamiento de contenidos y actividades

El curso se estructuró en [illegible] Moodle, [illegible] presentó a los estudiantes que se muestra en la Figura 24.



Estructura de bloques temáticos en el curso en MOODLE

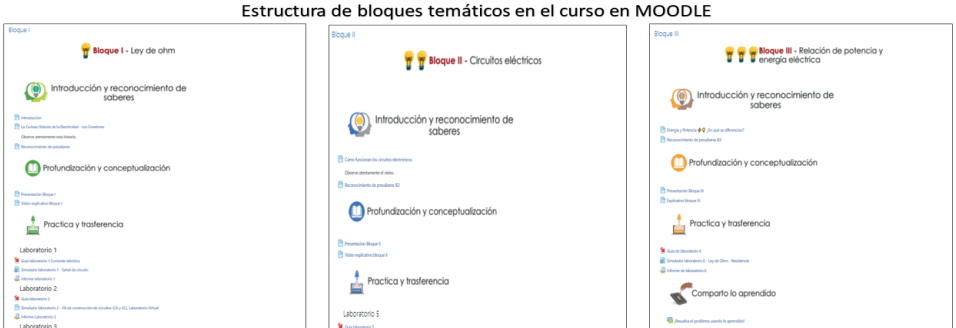


Figura 24. Estructura de los bloques temáticos en el curso en MOODLE.

Tomado de: https://grupotica.co/moodle30/

3.4 Implementación de la propuesta pedagógica

Socialización a estudiantes: Se realizó mediante reunión virtual con una asistencia del 80% de los estudiantes y video-tutoriales explicativos compartidos mediante un grupo de WhatsApp.

Prueba de saberes (pretest): Se aplicó a 15 estudiantes; sus resultados se analizan en el apartado "Evaluación de la propuesta pedagógica".

Aplicación de la propuesta pedagógica: Utilizando la analítica obtenida de la plataforma Moodle, se recolectó una base de datos con 3782 registros agrupados por bloque. Los resultados para los 15 estudiantes se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Número de interacciones en el entorno Moodle.

# Interacciones en el entorno Moodle					
# Código	**Bloque I**	**Bloque II**	**Bloque III**	**Generales**	**Material complementario**
1	177	69	174	30	11
2	96	41	40	11	7
3	137	68	105	29	3
4	116	3	3	6	0
5	88	22	56	5	8
6	89	38	69	4	0

7	147	2	35	11	0
8	153	52	141	3	4
9	92	1	28	8	1
10	154	71	152	30	4
11	89	3	42	5	0
12	116	44	68	6	0
13	142	61	65	3	12
14	181	26	78	15	3
15	146	56	87	22	8
Totales	**1923**	**557**	**1143**	**188**	**61**

Fuente: Elaboración propia

Los informes de laboratorio entregados por los estudiantes suministraron seis calificaciones en escala numérica. La tabla 13 consolida los resultados.

Tabla 13. Calificaciones informes de laboratorio.

Bloque I						Bloque II	Bloque III	
#Codigo	**Lab 1**	**Lab 2**	**Lab 3**	**Lab 4**	**Promedio**	**Lab 5**	**Lab 6**	**Promedio General**
1	3,7	3,7	4,7	4,7	4,2	4,7	4,7	**4,4**
2	4,7	4,7	4,7	4,8	4,7	4,8	4,7	**4,7**
3	4	3,7	3,5	4	3,8	4	3,5	**3,8**
4	4,3	3,3	4	4	3,9	4	4	**3,9**
5	3,3	3,3	3,5	3,5	3,4	3,5	3,5	**3,4**
6	4,1	3,8	3,5	3,5	3,7	3,5	3,5	**3,7**
7	3,7	3,7	4,5	4	4,0	4	4,5	**4,1**
8	4,2	3,3	4,2	4,2	4,0	4,2	4,2	**4,1**
9	3,7	3,7	4,5	4	4,0	4	4,5	**4,1**
10	4,7	4,7	4,8	4,7	4,7	4,7	4,8	**4,7**
11	3,3	3,3	3,3	3,5	3,4	3,5	3,3	**3,4**
12	4,2	3,3	4	4,2	3,9	4,2	4	**4,0**
13	3,7	3,7	4,7	4,7	4,2	4,7	4,7	**4,4**
14	4	4	4	4	4,0	4	4	**4,0**
15	3,5	3,3	4	4	3,7	4	4	**3,8**

Fuente: Elaboración propia

3.5 Evaluación de la propuesta pedagógica

La evaluación de la estrategia pedagógica se centró en cuatro aspectos fundamentales. En primer lugar, se realizó la aplicación de pruebas de conocimiento (postest) con el objetivo de evaluar el aprendizaje adquirido a través de las competencias de comprensión, explicación e indagación. En segundo lugar, se examinó la interacción de los estudiantes con el entorno educativo. En tercer lugar, se analizaron las actividades complementarias realizadas por los estudiantes, las cuales incluyeron la ejecución de laboratorios que integraron el uso de simuladores. Finalmente, se llevó a cabo una encuesta de escalamiento tipo Likert para medir la percepción de los estudiantes respecto a la propuesta pedagógica, las actividades desarrolladas y el empleo de simuladores.

3.5.1 P ruebas de saberes desde las competencias compresión, indagación y explicación

En la evaluación de competencias a través de las preguntas planteadas en el pretest y postest, el rendimiento académico de los estudiantes varió entre 2,87 y 3,62, cifras que corresponden a las categorías de rendimiento bajo y básico, respectivamente. Tras la aplicación o implementación de la estrategia pedagógica, el cambio cuantitativo más significativo se observó en la competencia de uso del conocimiento científico, seguido por las competencias de explicación e indagación. No obstante, en términos de escala de rendimiento académico, solo se registró una mejora de la categoría baja a la básica, a excepción de la competencia de explicación, que se mantuvo en un desempeño básico en ambas evaluaciones (tabla 14).

Además, los resultados indicaron una variabilidad en los puntajes desde 0,32 hasta 0,67 puntos, observándose una mayor dispersión en los datos del pretest. La mayoría de los datos apuntaron a una distribución estadísticamente normal ($p > 0,05$), con la excepción de los resultados generales en el postest ($W = 0,85$, $p < 0,05$), lo que sugiere una desviación de la normalidad en esta medición específica (tabla 14).

Tabla 14. Estadísticas descriptivas por competencia en el pre-test y pos-test.

Competencia	Pretest				Postest			
	Media ± desviación estándar	Mediana	Shapiro-Wilk		Media ± desviación estándar	Mediana	Shapiro-Wilk	
			Estadístico	Significación			Estadístico	Significación
Uso del conocimiento científico	2,87 ± 0,67	2,71	0,93	0,23	3,44 ±0,4	3,57	0,95	0,60
Explicación	3,13 ± 0,6	3,15	0,90	0,09	3,62 ±0,43	3,77	0,95	0,58
Indagación	2,64 ± 0,44	2,85	0,89	0,06	3,62 ±0,43	3,77	0,95	0,58

Competencia	Pretest				Postest			
	Media ± desviación estándar	Mediana	Shapiro-Wilk		Media ± desviación estándar	Mediana	Shapiro-Wilk	
			Estadístico	Significación			Estadístico	Significación
General	2,88 ± 0,32	2,9	0,95	0,59	3,31 ±0,46	3,1	0,85	0,02

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, en las pruebas para comparar los resultados del pretest frente al postest en cada una de las competencias y a nivel general, se evidenciaron diferencias estadísticas. Se encontró un mayor rendimiento académico en la competencia de uso comprensivo del conocimiento científico ($t(14) = -3,25$, $p < 0,05$) en el postest ($\mu = 3,44$) frente al pretest ($\mu = 2,87$) (figura 25).

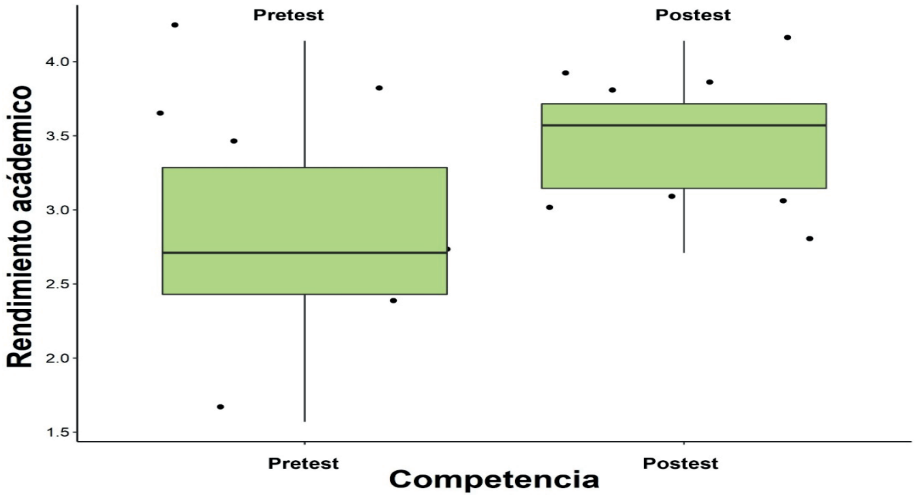


Figura 25. Media del rendimiento académico en la competencia uso del conocimiento científico.

Fuente: Elaboración propia

Se observó una situación similar para las otras competencias: explicación ($t(14) = -3{,}16$, $p < 0{,}05$), con mayor rendimiento académico en el postest ($\mu = 3{,}62$) frente al pretest ($\mu = 3{,}13$) (figura 26); igualmente para indagación ($t(14) = -5{,}10$, $p < 0{,}05$), donde las mediciones del postest ($\mu = 3{,}62$) fueron superiores al pretest ($\mu = 2{,}64$) (figura 27).

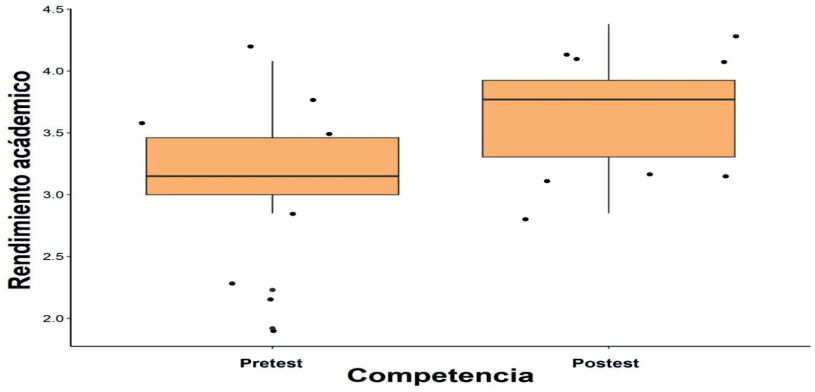


Figura 26. Media del rendimiento académico en la competencia explicación.

Fuente: Elaboración propia

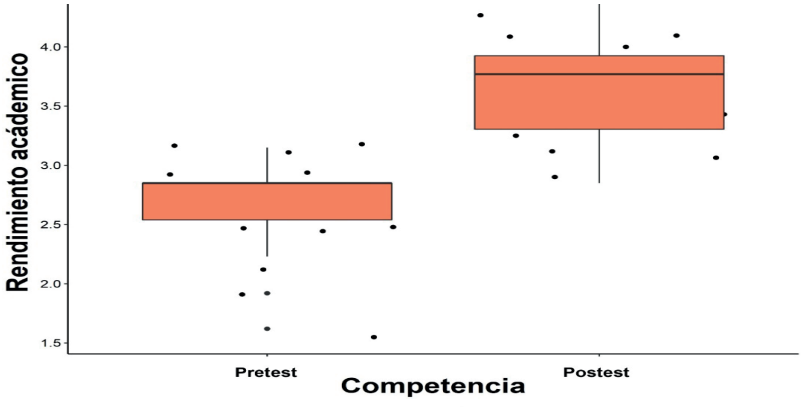


Figura 27. Media del rendimiento académico en la competencia indagación.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, tras la implementación de la estrategia, los estudiantes incrementaron el rendimiento académico de forma general para todas las

competencias (test en conjunto) (t (14) = -4,05, p < 0,05), diferenciándose el postest (μ = 3,31, MD = 3,1) del pretest (μ = 2,88, MD = 2,9) (figuras 28 y 29).

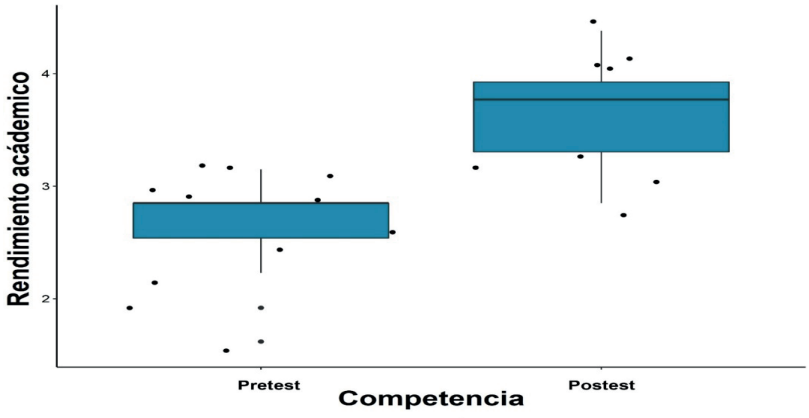


Figura 28. Media del rendimiento académico general.

Fuente: Elaboración propia

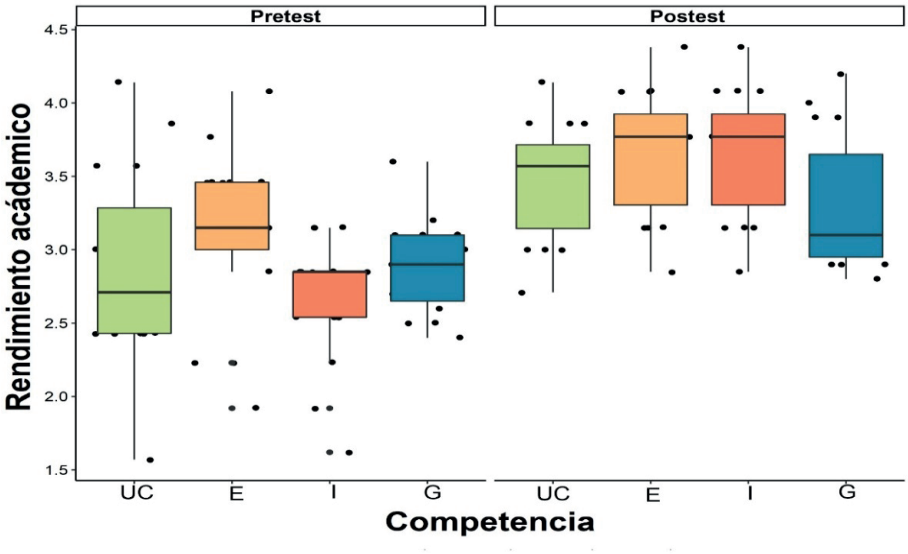


Figura 29. Media del rendimiento académico por competencia.

Abreviaturas: UC: Uso del conocimiento científico; E: explicación; I: Indagación; G: General. Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Percepción del estudiante

La percepción general de los estudiantes hacia la estrategia implementada resultó ser ampliamente positiva, con un 73,85% de las respuestas expresando estar acuerdo o tener una valoración de útil/interesante (52,31%, n=102) y otro porcentaje significativo que está totalmente de acuerdo o considera la propuesta extremadamente útil/muy importante (21,54%, n=42), según se muestra en la tabla 15. En relación con las preguntas destinadas a evaluar la información proporcionada, la mayoría de los estudiantes concordaron en que la información presentada como parte de la propuesta fue clara (67%, n=10, pregunta 1) y agradable (47%, n=7, pregunta 3), mientras que un 27% expresó un alto grado de satisfacción, estando muy de acuerdo con la información proporcionada (n=4, pregunta 3) (tabla 15 y figura 30).

Tabla 15. Contingencia Respuesta* pregunta

PREGUNTAS														
Respuesta	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**Total**
Totalmente de acuerdo/ Extremadamente útil / Muy importante	2	3	4	1	2	4	4	4	1	5	3	1	8	102
De acuerdo/Muy útil /Importante	10	7	7	9	9	10	8	7	9	8	8	8	2	3
Neutral/Algo útil/ Algo Importante	2	5	3	4	3	1	3	2	5	2	4	4	4	42
En desacuerdo/ No muy útil/Poco importante	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	42
Totalmente en desacuerdo/Para nada útil/No es importante	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	6
Total	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	195

Fuente: Elaboración propia

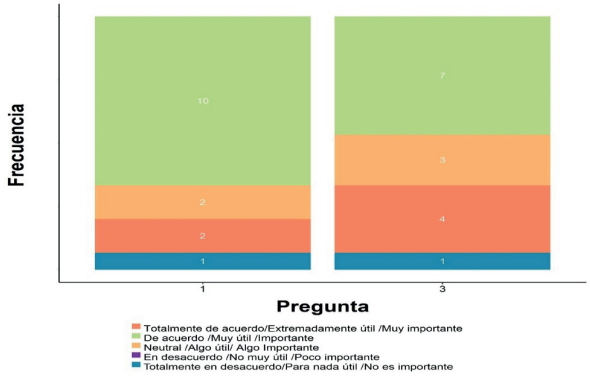


Figura 30. Frecuencias sobre la percepción de la información suministrada.

Fuente: Elaboración propia

Frente a la percepción del uso y aporte de los simuladores, entre el 60-67% de los estudiantes indicaron una percepción favorable y positiva. Un 60% de los estudiantes concordaron en que la utilización de los simuladores resultó ser sencilla (n=9, pregunta 4); con un mismo porcentaje en la respuesta la contribución de su uso a la comprensión de los fenómenos simulados (n=9, pregunta 5). Por otra parte, el 93% de los estudiantes estuvieron de acuerdo (67%, n=10, pregunta 6) y totalmente de acuerdo (27%, n=4, pregunta 6) en señalar que los laboratorios que incorporan simuladores contribuyen al aprendizaje de la física (figura 31).

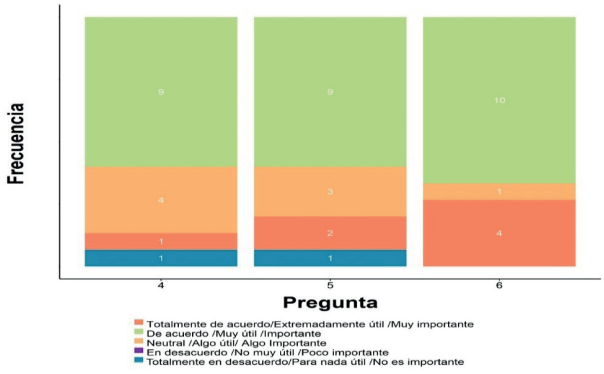


Figura 31. Frecuencias sobre la percepción de los simuladores.

Fuente: Elaboración propia

Respecto al interés despertado por la estrategia pedagógica en el área de física, el 73 % de los encuestados expresaron opiniones positivas. El 53 % de los estudiantes (n=8, pregunta 11) manifestaron estar de acuerdo en que la estrategia fomentó su interés por la física, mientras que un 20 % adicional de los estudiantes (n=3, pregunta 11) indicaron estar completamente de acuerdo con esta afirmación (figura 32).

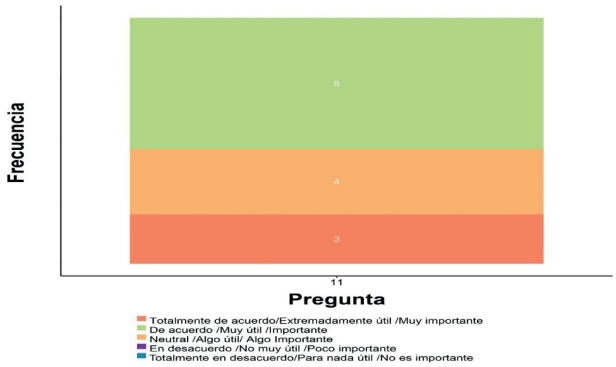


Figura 32. Frecuencias sobre el interés generado en el área de física.

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a la percepción sobre el aprendizaje, entre el 67 % y el 87 % de los estudiantes manifestaron estar de acuerdo o muy de acuerdo en que la estrategia implementada favoreció su aprendizaje, comprensión, solución de problemas y el desarrollo de competencias. De manera general, el 47 % de los estudiantes (n=7, pregunta 2) concordaron en que la información brindada contribuyó de manera positiva al proceso de aprendizaje. Adicionalmente, un 53 % coincidió en que la estrategia facilitó la comprensión de los conceptos de física. Por otro lado, el 60 % de los estudiantes (n=9, pregunta 9) estuvo de acuerdo en que los conocimientos adquiridos les permiten abordar problemas de su entorno, y un 53 % (n=8, pregunta 10) afirmó que el material, los laboratorios y los simuladores utilizados contribuyeron de manera significativa al desarrollo de competencias científicas (figura 33).

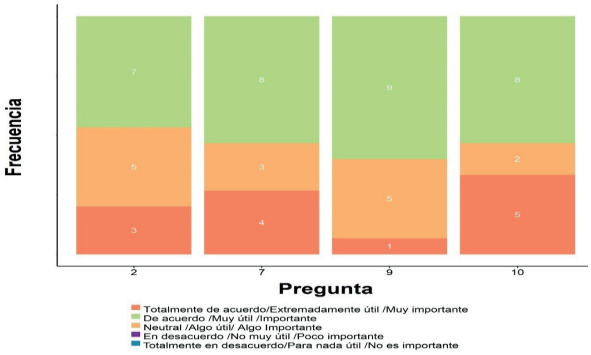


Figura 33. Frecuencias sobre la percepción del aprendizaje.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las TIC, las percepciones fueron similares a los ítems anteriores. El 73 % de los estudiantes considera importante (n=7, pregunta 8) y muy importante (n=4, pregunta 8) integrar herramientas TIC como las abordadas en el proceso de aprendizaje (figura 34).

Adicionalmente, en la pregunta final sobre la percepción general durante la aplicación de la estrategia, el 67 % de los estudiantes la valoraron positivamente, como muy útil (53 %, n=8, pregunta 13) y útil (27 %, n=4, pregunta 13) (figura 35).

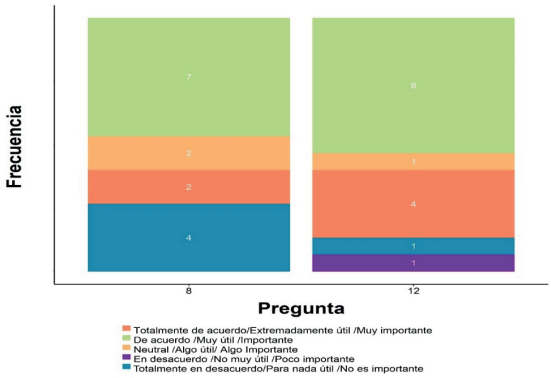


Figura 34. Frecuencias sobre la percepción del empleo de TIC.

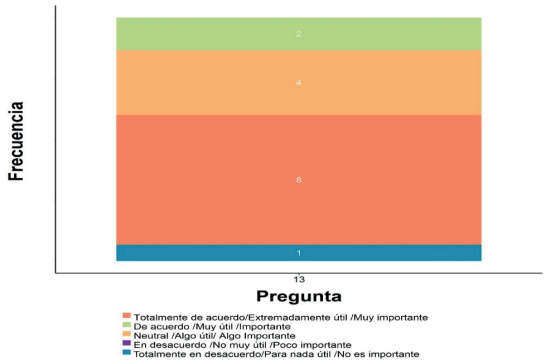


Figura 35. Frecuencias sobre la percepción general de la estrategia.

3.6 Relación del postest, el trabajo en entorno, el trabajo independiente y la percepción del estudiante

Los mejores promedios de desempeño se observaron en variables pertenecientes a diferentes categorías. En términos generales, los estudiantes alcanzaron un promedio de 3,30 en el postest, lo cual indica un desempeño básico. La mayor interacción se registró con el material del bloque I, con una media de 128,2 y una desviación estándar de 32,85. Además, se presentaron mejores resultados en los laboratorios correspondientes al bloque III (4,13±0,51), con un desempeño alto. La percepción media, teniendo en cuenta la escala de Likert fluctuó entre neutral/algo útil/algo importante y de acuerdo/muy útil/ importante (tabla 16).

Tabla 16. Estadísticas descriptivas de actividades por categoría.

Actividades	Categoría	Media ± desviación estándar	Shapiro - Wilk	
			Estadístico	Significación
Prueba final de saberes: postest	Resultado postest	3,30±0,46	0,85	0,01
Interacciones en el entorno	Bloque I	128,2±32,42	0,90	0,1
	Bloque II	37,13±26,11	0,89	0,08
	Bloque III	76,2±48,52	0,94	0,36

Actividades	Categoría	Media ± desviación estándar	Shapiro - Wilk	
			Estadístico	Significación
Interacciones en el entorno	Generales	12,53±10,19	0,81	0004
	Material complementario	4,06±4,18	0,86	0,02
Trabajo independiente	Laboratorios Bloque I	3,97±0,39	0,92	0,17
	Laboratorios Bloque II	4,12±0,44	0,87	0,04
	Laboratorios Bloque III	4,13±0,51	0,90	0,10
Percepción	Percepción	3,88±0,41	0,93	0,26

Fuente: Elaboración propia

Al examinar las correlaciones entre las variables, se observó que era frecuente el establecimiento de relaciones estadísticamente significativas entre categorías. Específicamente, las interacciones de los estudiantes con el contenido del bloque I mostraron una alta correlación con las interacciones en el bloque III (r_s=0,6, p > 0,05), generales (r_s=0,52, p > 0,05) y con los resultados de los laboratorios del bloque I (r_s=0,6, p > 0,05), II (r_s=0,53, p > 0,05) y III (r_s=0,543, p > 0,05).

De igual manera, las interacciones de los estudiantes con el contenido del bloque II estuvieron altamente correlacionadas con las interacciones del bloque III (r_s=0,85, p > 0,05), generales (r_s=0,88, p > 0,05), material complementario (r_s=0,6, p > 0,05) y con los resultados de los laboratorios del bloque II (r_s=0,52, p > 0,05). Adicionalmente, los resultados de los laboratorios del bloque I se correlacionaron con el rendimiento académico los laboratorios el bloque II (r_s=0,87, p > 0,05) y III (r_s=0,92, p > 0,05).

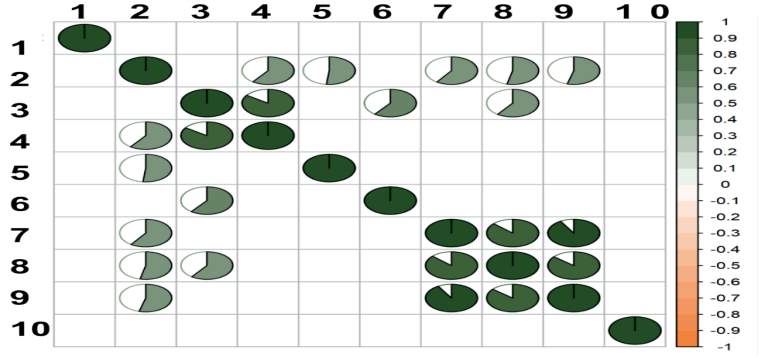


Figura 36. Correlaciones de categorías. 1. Resultado postest, 2. Bloque I, 3. Bloque II, 4. Bloque III, 5. Generales, 6. Material complementario, 7. Laboratorios Bloque I, 8. Laboratorios Bloque II, 9. Laboratorios Bloque III, 10. Percepción.

Fuente: Elaboración propia

3.7 Análisis de componentes principales

Las variables analizadas colectivamente demostraron poseer un adecuado nivel de multicolinealidad, con un índice KMO de 0,7. El análisis de componentes principales reveló que los dos primeros ejes explican el 75,51 % de la varianza total. En el eje 1, las variables con mayor contribución fueron los laboratorios del bloque II (17,34 %), las interacciones con el material del bloque III (14,25 %) y los resultados de los laboratorios del bloque I (13,06 %). En contraste, el eje 2 se caracterizó principalmente por los resultados de los laboratorios del bloque III (24,34 %), seguidos por los resultados de los laboratorios del bloque I (19,22 %) y las interacciones con el contenido del bloque III (18,75 %). Estos detalles pueden consultarse en la tabla 17.

Tabla 17. Contribuciones y correlaciones ACP.

Variable del análisis	Contribución		Correlación	
	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2
Bloque I	11,51	4,64	0,71	0,27
Bloque II	14,25	9,86	0,80	0,39
Bloque III	12,48	18,75	0,74	0,54
Generales	10,13	11,4	0,67	0,42
Material complementario	9,02	0,4	0,64	0,08
Laboratorios bloque I	13,06	19,22	0,76	-0,54
Laboratorios bloque II	17,34	11,39	0,88	-0,42
Laboratorios bloque III	12,18	24,34	0,74	-0,61

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, las variables analizadas mantuvieron una correlación en el plano según la macro actividad a la que estaban asociadas. De este modo, en el cuadrante I se posicionaron aquellas actividades vinculadas con las interacciones del entorno, contrastando con los resultados de rendimiento académico obtenidos en los laboratorios (figura 37).

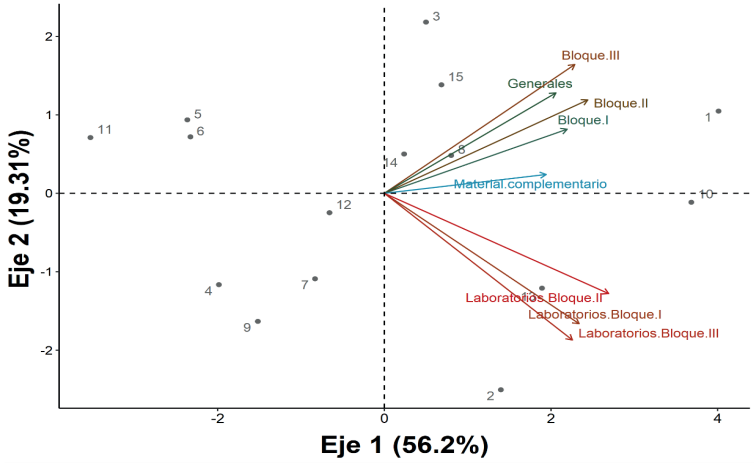


Figura 37. Coordenadas ACP.

3.8 Análisis y discusión de resultados

La incorporación de simuladores en la enseñanza, a través de una estrategia diseñada para facilitar la comprensión de conceptos de física eléctrica y electrodinámica, se fundamentó inicialmente en el análisis exhaustivo del contexto en el que se encuentra inmersa la población estudiantil (figuras 10, 11, 12 y 13). Esta población, predominantemente rural y con limitado acceso a internet, mostraba una actitud apática hacia las ciencias. Además, su metodología de estudio se había centrado en enfoques tradicionales, situación reflejada en el incremento gradual de las respuestas incorrectas en las pruebas estatales para el área de física durante los últimos cuatro años (figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9). Este diagnóstico inicial fue crucial para desarrollar y adaptar una estrategia didáctica que respondiera de manera efectiva a las particularidades y necesidades específicas de la institución educativa.

La propuesta pedagógica fue diseñada en concordancia con los derechos básicos de aprendizaje (DBA), los estándares básicos de competencias (MEN, 2006), el plan de área específico y se alineó con el modelo pedagógico social-cognitivo. No obstante, en línea con las perspectivas sobre el aprendizaje activo y los hallazgos derivados de entrevistas a expertos realizadas por Maldonado y Luque (2019), se identificó la imperante necesidad de una renovación curricular que impulse una transformación en los métodos de aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. Esta renovación debe promover la inclusión activa de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) como herramientas clave para potenciar la responsabilidad y la autonomía de los estudiantes en la construcción de su conocimiento.

Siguiendo la guía propuesta de Ayala y Salinas (2019) para el análisis descriptivo de la funcionalidad de simuladores, se determinó que los simuladores PhET se destacan por su elevado nivel de adaptabilidad al contexto y su contribución al logro de objetivos de aprendizaje y al desarrollo de competencias especificadas en la investigación. En cuanto a su funcionalidad, estos simuladores ofrecen características tanto de simulación deductiva como inductiva, variando según el módulo utilizado. Además, facilitan un tipo de exploración de modelos simulados de "caja

negra", caracterizado porque la simulación está preconstruida sin explicar el modelo subyacente, un enfoque evaluado desde la perspectiva teórica de Jonassen (2004).

En términos de fiabilidad, los simuladores PhET cuentan con un sistema de representación y un nivel de abstracción y profundización gráfica adecuadamente adaptados para la educación secundaria. Esta característica fue clave para la implementación de la estrategia pedagógica, ya que permitió al docente planificar el uso del simulador en el proceso de aprendizaje de manera intencionada, tomando en consideración las necesidades específicas de los estudiantes. Además, la capacidad de PhET para funcionar en múltiples plataformas y su bajo consumo de recursos técnicos facilitaron su uso en dispositivos con especificaciones técnicas limitadas, pues es compatible con sistemas operativos, tanto Windows como Android.

Esta circunstancia posibilitó que el docente profundizara en las características, alcances, potencialidades y posibles aplicaciones de la herramienta en cuestión. No obstante, esta investigación respalda las observaciones de Chévez y Freire (2017), quienes señalan que la mera integración de las TIC en distintas metodologías no asegura por sí misma el logro de resultados significativos; más bien, es el enfoque pedagógico adoptado por el docente en el uso de dichas herramientas lo que determina la efectividad en la construcción de conocimientos. Por lo tanto, el valor de llevar a cabo esta investigación no reside únicamente en la utilización del simulador *per se*, sino en la capacidad de generar un entorno de aprendizaje contextualizado. En este entorno, el estudiante emplea la herramienta como un medio para el desarrollo de competencias científicas y mejora su habilidad para abordar problemas relevantes a su contexto. En síntesis, el objetivo es contribuir al desarrollo de una cultura tecno-científica mediante la utilización de simuladores para crear contextos de interacción y construcción de conocimientos significativos (Amaya, 2011).

La evaluación de los simuladores facilitó el proceso de alineación de la estrategia pedagógica adoptada con los requerimientos del Ministerio de Educación Nacional, permitiendo realizar ajustes pertinentes a los

objetivos de aprendizaje y adaptar los recursos educativos digitales a las necesidades específicas de los estudiantes. Esta aproximación es coherente con lo planteado por Ayala y Salinas (2019, p. 1382), quienes destacan que la identificación de las características funcionales e instruccionales de un simulador "habilita al docente para determinar el tipo de competencia y el nivel de construcción o estructuración de conocimiento que el uso del simulador puede favorecer". Esta perspectiva subraya la importancia de una selección y aplicación consciente de simuladores en contextos educativos, con el fin de maximizar su potencial en el fortalecimiento de competencias y en la construcción de conocimientos.

Ante el contexto extraordinario generado por la pandemia de Covid-19, que provocó una transformación abrupta en la dinámica educativa, se adoptó una estrategia pedagógica orientada hacia la educación remota. Como parte de esta adaptación, los contenidos fueron alojados en una plataforma Moodle. Este entorno controlado facilitó la obtención de resultados positivos en cuanto a la comprensión de los conocimientos y dinamizó las limitadas interacciones entre estudiantes y docentes provocadas por la situación de la pandemia. Tanto durante como después de la implementación de esta estrategia, se observó un incremento significativo en la cantidad de comunicaciones sincrónicas y asincrónicas, el interés por el área de estudio, la colaboración entre pares y la participación en encuentros sincrónicos. En este sentido, la plataforma Moodle, según lo señala Grisales (2013), contribuye a dinamizar las clases e involucrar de manera activa a los estudiantes en su proceso educativo, optimizando el uso de recursos disponibles.

La estrategia pedagógica diseñada, que integró los simuladores PhET, jugó un papel crucial en la consecución de resultados positivos en la comprensión de conceptos, impulsando en los estudiantes procesos de experimentación, exploración, observación, argumentación y prueba de hipótesis, entre otros, que son fundamentales para el fortalecimiento de habilidades orientadas a la resolución de problemas mediante la aplicación de conocimientos científicos. Esta aproximación es coherente con lo expresado por Maldonado y Luque (2019, p.97), quienes sostienen que los simuladores deben ser estudiados e implementados para que las TIC actúen

como mediadoras del aprendizaje, funcionando como recursos activos que potencian el desarrollo de competencias necesarias para la formación de ciudadanos aptos y capacitados. Adicionalmente, al desarrollar las actividades, se procuró incentivar la curiosidad por una física aplicable y relevante a contextos reales y profesionales futuros.

En el ámbito de la física eléctrica y electrodinámica, la estrategia pedagógica implementada posibilitó que los estudiantes de undécimo grado mejoraran significativamente sus resultados, como se demostró al comparar los desempeños del pretest y el postest en diversas competencias y de manera global. Se observaron diferencias estadísticamente significativas, manifestando un incremento en el rendimiento académico, particularmente en las competencias relacionadas con el uso comprensivo del conocimiento, la explicación de fenómenos y la indagación.

Durante la evaluación inicial, se notó que la desviación estándar era menor en la competencia de indagación, seguida por el uso del conocimiento científico y la explicación de fenómenos, en orden ascendente. Esto sugiere una mayor uniformidad en la competencia de indagación (figura 27) y una menor uniformidad en la competencia de uso comprensivo del conocimiento científico (figura 25).

De manera similar, las desviaciones estándar del postest indicaron niveles de homogeneidad más cercanos entre sí, destacando una uniformidad comparativa en las competencias de indagación y explicación, así como una menor uniformidad en la competencia de uso comprensivo del conocimiento científico. Estos hallazgos son congruentes con los resultados de la investigación de Suárez y Meneses (2017), quienes aplicaron la investigación como estrategia pedagógica. Por lo tanto, se subraya la importancia de enfocar esfuerzos en fortalecer la competencia de uso comprensivo del conocimiento científico en investigaciones futuras.

Al analizar la media de aciertos en cada competencia antes y después de la aplicación de la estrategia pedagógica, se constató una mejora significativa en todas ellas. En la competencia de uso del conocimiento científico, se registró un incremento de 0,86, pasando de una media (MD) de 2,71 a una MD de 3,57. La competencia de explicación de fenómenos experimentó un

aumento de 0,62, cambiando de MD = 3,15 a MD = 3,77. La competencia de indagación presentó el mayor incremento, de 0,92, evolucionando de MD = 2,85 a MD = 3,77, destacándose como la competencia con mejores resultados pos intervención.

De manera global, tras la implementación de la estrategia, se observó un incremento en el rendimiento académico en todas las competencias evaluadas ($t(14) = -4{,}05$, $p < 0{,}05$), evidenciando una diferencia significativa entre el postest (MD =3,31, MD =3,1) y el pretest (MD =2,88, MD =2,9) (figura 28). Es relevante mencionar que, en el postest, tanto los resultados generales como los específicos por competencia mostraron una menor dispersión. Este fenómeno puede estar relacionado con la mejora en las dinámicas de trabajo colaborativo entre pares conforme avanzaba la estrategia, lo que favoreció un ambiente de cooperación para la comprensión de los temas tratados y un incremento en la frecuencia de las comunicaciones.

Los resultados obtenidos sugieren que las potencialidades de los simuladores (figura 15), tras ser evaluados e integrados dentro de la estrategia pedagógica, contribuyeron significativamente a que los estudiantes incrementaran la media de sus resultados, mostrando una diferencia estadísticamente significativa entre el pretest y el postest. Este hallazgo es coherente con los resultados de la investigación de Albarracín y Ramírez (2017), quienes encontraron que la incorporación de simuladores PhET, a través del uso del sistema 4MAT, facilitó el desarrollo de competencias científicas, evidenciado en los resultados de entregables como portafolios y la presentación de proyectos finales. Asimismo, el empleo de las TIC en el ámbito educativo favorece la apropiación del conocimiento, mejora los procesos de aprendizaje y los resultados en evaluaciones (Ferraro, 2018), creando entornos de aprendizaje enriquecidos y más efectivos en comparación con métodos de enseñanza tradicionales (Tapasco y Giraldo, 2017).

La información sobre la interacción entre los estudiantes y las herramientas TIC, recabada a través de registros en Moodle, facilitó el seguimiento del proceso de aprendizaje de los estudiantes y la provisión de retroalimentación. Dicha retroalimentación, aplicada de manera constante, intencional, formativa y centrada en tareas específicas,

fomentó una participación activa y un aprendizaje reflexivo durante el uso de simuladores (Cortés, 2014). En consecuencia, el docente se enfocó en motivar la observación y comprensión de los fenómenos a través de representaciones gráficas simuladas, atendiendo las dudas que surgían (Esteban, 2002). La implementación de simuladores PhET potenció el rol activo de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, permitiéndoles interactuar a su propio ritmo y recibir retroalimentación mediante el desarrollo de actividades y la resolución de problemas contextualizados (Ruiz, 2018).

Al analizar la frecuencia de acceso a los bloques de información, se identificó que todos los estudiantes accedieron al menos una vez a estos, aunque algunos no revisaron el material complementario. Sin embargo, la mayoría mostró una actitud más positiva hacia el aprendizaje, asumió con mayor responsabilidad el desarrollo de las actividades y exhibió una curiosidad incrementada por resolver problemas de su entorno utilizando conceptos de física (Guerrero Flórez, 2019). La percepción de los estudiantes respecto a la estrategia fue positiva (tabla 15 y figura 35), y la mayoría estuvo de acuerdo con que la información presentada en la propuesta fue clara y agradable; lo que contribuyó a un ambiente positivo que aportó al proceso de aprendizaje y motivó su interés en la temática. En este sentido, Collazos y Castrillón (2019) señalan que, tras aplicar un test Likert, evidenciaron una respuesta favorable frente a la metodología usando simuladores.

Finalmente, respecto a la percepción sobre el uso de simuladores en el aprendizaje, los estudiantes coincidieron en destacar la facilidad de uso de estas herramientas, su contribución a la comprensión de fenómenos y la facilitación del proceso de aprendizaje (Martínez-Argüello *et al.*, 2018). Asimismo, concordaron en que los laboratorios que integran simuladores promueven el desarrollo de competencias científicas, brindándoles las herramientas necesarias para abordar y resolver problemas relevantes en sus contextos (Collazos y Castrillón, 2019). Se observó un cambio significativo en la actitud de los estudiantes dentro del aula, lo cual se alinea con las observaciones de Durán (2019), quien señala que "la actitud positiva hacia la física mejora notablemente tras la incorporación de simuladores en el proceso de enseñanza y aprendizaje" (p. 64).

Conclusiones, Recomendaciones E Impacto Social de la Investigación

Conclusiones

La estrategia pedagógica implementada afrontó desafíos singulares, exacerbados por el contexto sin precedentes de la pandemia y la transición forzada hacia modalidades de estudio a distancia, para las cuales el sistema de educación media no estaba adecuadamente preparado. Este escenario impuso dificultades tanto para estudiantes como para docentes. En este marco, las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) emergieron como un recurso valioso para la enseñanza contextualizada de la ciencia, ofreciendo, simultáneamente, una oportunidad crucial para fortalecer la cultura tecno-científica en comunidades aisladas.

La implementación del instrumento creado por Ayala y Salinas (2019) demostró que los simuladores PhET se adaptaron de forma sobresaliente a las necesidades emergentes del contexto educativo y de los alumnos, contribuyendo de manera efectiva al logro de objetivos de aprendizaje específicos y al desarrollo de competencias disciplinares. La identificación de las características únicas de estos simuladores habilitó a los educadores a incorporar su uso de manera relevante y efectiva en las estrategias de enseñanza. Así, se enfatiza la urgente importancia de utilizar herramientas de evaluación validadas para examinar los recursos digitales en el proceso educativo.

La integración de metodologías pedagógicas, incluyendo los enfoques activos, el aprendizaje significativo, el método sistémico-estructural y el desarrollo de actividades basadas en la indagación guiada, en conjunto

con las capacidades de los simuladores PhET, facilitó el diseño y ejecución de secuencias didácticas que mejoraron la comprensión de conceptos relacionados con la física eléctrica entre los estudiantes participantes.

El diseño meticuloso de la estrategia pedagógica, alineado con los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional -incluyendo los estándares básicos de competencias y los derechos básicos de aprendizaje (DBA), así como la implementación de enfoques pedagógicos avanzados en la enseñanza de las ciencias y el uso de simuladores, llevó a un incremento en el interés estudiantil por las ciencias, promovió una mayor interacción entre estudiantes y docentes, incentivó un aprendizaje activo y, finalmente, resultó en una mejora notable en los resultados de evaluaciones posteriores, reflejando un enriquecimiento en la adquisición de conocimiento.

Respecto a la evaluación de competencias mediante pruebas pre y postest, se registró un notable avance en el rendimiento académico, evidenciando un incremento del 26,13%. Los resultados del postest mostraron una homogeneización en las calificaciones, indicando una convergencia hacia un promedio común entre los estudiantes. La comparativa entre los resultados pre y postest, tanto individual como colectivamente, arrojó diferencias estadísticas significativas, destacando un mejor desempeño en la prueba final en las competencias evaluadas: explicación de fenómenos, aplicación del conocimiento científico e indagación. Este resultado sugiere que la inclusión de simuladores como herramienta pedagógica incide positivamente en el aprendizaje de conceptos de física eléctrica en estudiantes de educación media.

La percepción estudiantil respecto a la estrategia que incorpora simuladores en la enseñanza de la física fue marcadamente positiva. Los alumnos reportaron que el contenido fue presentado de manera clara y atractiva, contribuyó a un ambiente propicio para el aprendizaje, aumentó su interés y fomentó una actitud positiva hacia las ciencias y la resolución de problemas cotidianos. Además, destacaron la facilidad de uso de los simuladores y su contribución significativa a la comprensión de fenómenos físicos, puesto que facilitan el proceso de aprendizaje y promueven el desarrollo de competencias científicas de manera eficaz.

Recomendaciones

Para docentes:

- Emplear los conocimientos adquiridos como fundamento para su integración transversal con las disciplinas que constituyen la metodología STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas). Esta aproximación promueve una educación holística y fomenta la interdisciplinariedad y la aplicación práctica del saber en contextos diversos y creativos.
- Profundizar en el desarrollo de competencias para el uso efectivo del conocimiento científico, la explicación de fenómenos y la indagación desde disciplinas vinculadas a las ciencias, con el objetivo de mejorar de manera continua los resultados educativos.
- Mantenerse al día respecto a los avances en estrategias pedagógicas dirigidas al aprendizaje contextualizado en el ámbito de las ciencias, asegurando la aplicación de metodologías innovadoras y efectivas.
- Adquirir formación en el proceso de programación de simuladores computacionales, integrándolos con simuladores electrónicos que operen bajo sistemas de código abierto, para enriquecer la experiencia educativa y facilitar la comprensión de conceptos complejos mediante la práctica.

Para instituciones educativas:

- Promover el uso de herramientas pedagógicas innovadoras que contribuyan al desarrollo integral de competencias del siglo XXI, de manera transversal en todas las áreas del conocimiento, enfatizando habilidades críticas como el pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración y la comunicación.

- Gestionar activamente la obtención de recursos financieros para el impulso de proyectos educativos que estimulen el fortalecimiento de una cultura tecnocientífica en la comunidad educativa, fomentando el interés y la participación activa en ciencia y tecnología.

- Incentivar la práctica regular de la lectura, privilegiando textos con contenido científico, para mejorar las habilidades de comprensión lectora, ampliar el conocimiento y fomentar una actitud crítica e inquisitiva ante el mundo científico y sus avances.
- En la Institución Educativa Enrique Suárez, en particular, reforzar estrategias pedagógicas que se alineen con el modelo pedagógico adoptado, específicamente el modelo pedagógico social-cognitivo, para asegurar una enseñanza coherente y eficaz que responda a las necesidades y contexto de los estudiantes.

Para estudiantes:

- Propiciar hábitos para la formación autónoma y contextualizada en el uso de herramientas TIC.
- Proponer la implementación de nuevas estrategias pedagógicas que partan de sus intereses en las diferentes áreas.
- Reconocer la tecnología como herramienta de aprendizaje y darle un uso adecuado y razonable.
- Fomentar el desarrollo de competencias del siglo XXI desde sus actividades cotidianas.
- Aplicar lo aprendido en el aula a la solución de problemas de su entorno y como herramienta de trasformación de su comunidad.

Para futuras investigaciones:

- Desarrollar simuladores propios haciendo uso de programación bajo plataformas de uso abierto.
- Comparar resultados de exámenes de Estado en años posteriores a la aplicación continua de la estrategia.
- Integrar simuladores sensorizados a los procesos de enseñanza.
- Aplicar la estrategia pedagógica desarrollada a otras instituciones educativas con el fin de comparar resultados en diferentes escenarios.

Impacto social de la investigación

El impacto social de esta investigación ha sido considerable, ya que ha redefinido el proceso pedagógico, particularmente durante el período de pandemia provocado por el virus Covid-19. Ha ofrecido a los estudiantes, muchos de los cuales provienen de áreas rurales, una estrategia pedagógica meticulosamente desarrollada que integra tecnologías de la información y las (TIC) junto con simulaciones computarizadas. Este enfoque no solo ha facilitado la implementación de variadas actividades educativas, sino que también ha tenido un impacto positivo en la adquisición de conocimientos en el ámbito de la física eléctrica, además de incrementar la motivación e interés de los estudiantes hacia las ciencias.

Como consecuencia directa de esta investigación, los estudiantes han mejorado sus competencias para el siglo XXI, lo que se ha traducido en un avance significativo en su rendimiento académico, no solo en las ciencias sino también en áreas interdisciplinarias como la tecnología y la informática.

La adopción continua de estrategias didácticas de esta naturaleza podría fomentar el desarrollo de una cultura tecnocientífica robusta. La enseñanza contextualizada equipa a los estudiantes con las herramientas necesarias para contribuir al desarrollo socioeconómico de sus comunidades, aplicando los principios de la física para resolver problemas y satisfacer necesidades locales.

Además, la implementación de esta estrategia ha facilitado la incorporación efectiva de conocimientos ingenieriles en el contexto pedagógico, enriqueciendo tanto la práctica docente como la dinámica didáctica en el aula. El reconocimiento del contexto estudiantil ha permitido una adaptación precisa de los objetivos de aprendizaje y la elección de herramientas TIC adecuadas para la absorción del conocimiento.

La implementación de esta estrategia ha resultado en una actitud más positiva y dinámica en el aula con el regreso a la enseñanza presencial, evidenciando un creciente interés por las ciencias, como demuestra

el incremento de preguntas e inquietudes científicas por parte de los estudiantes.

A nivel institucional, se ha reconocido la importancia de promover y adoptar estrategias pedagógicas similares. En respuesta, los líderes de los centros educativos, guiados por el docente investigador, han facilitado la adquisición de dos kits de microcontroladores para la creación de simulaciones computarizadas con sensores electrónicos, lo que se integra efectivamente en el ámbito tecnológico. Este ejemplo ilustra cómo la investigación puede influir en la toma de decisiones institucionales y avanzar en la mejora educativa.

Referencias

Albarracín, R., y Ramírez, M. (2017). Aplicación del sistema 4MAT apoyado en las simulaciones PhET para el desarrollo de competencias científicas empleando como eje de aprendizaje el tema de ondas. *Latin-American Journal of Physics Education, 11*(3), 8. http://www.lajpe.org/sep17/08_Albarracin_3308.pdf

Alzugaray, G. E., y Carreri, R. A. (2010). *El software de simulación en física: herramienta para el aprendizaje de contenidos*. V Congreso de Tecnología en Educación y Educación En Tecnología Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI). http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18423/Documento_completo.pdf%3Fsequence%3D1

Amaya, G. (2011). La simulación computarizada como instrumento del método en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física, desde la cognición situada: ley de Ohm. *Actualidades Investigativas en Educación, 8*(1). https://doi.org/10.15517/aie.v8i1.9321

Arboleda, Á. W. (2017). *Integración de dispositivos móviles al aula de clase para el desarrollo de habilidades científicas en el escenario de la física mediante una propuesta metodológica m-learning*. (Tesis de maestría). Universidad Pontificia Bolivariana. https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/3149

Ausín, V., Abella, V., Delgado, V., y Hortigüela, D. (2016). Aprendizaje basado en proyectos a través de las TIC. Una experiencia de innovación docente desde las aulas universitarias. *Formación Universitaria, 9*(3), 31-38. https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000300005

Ausubel, D. P. (1978). *Psicología educativa. Un punto de vista congnoscitivo. Editorial Trillas.*

Ayala, J., y Salinas, J. (2019). *Instrumento de análisis para seleccionar simuladores educativos*. En: Pontificia Universidad Católica del Perú (Ed.), *XXII Congreso Internacional Tecnología e Innovación para la Diversidad de los Aprendizajes Edutec* (pp. 1374-1388). https://www.researchgate.net/publication/340633383_Instrumento_de_analisis_para_seleccionar_simuladores_educativos

Barberà, O., y Sanjosé, V. (2006). Juegos de simulación por ordenador : un útil para la enseñanza a todos los niveles. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 8*(1), 46. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4976

Batanero, C. (2001). *Aleatoriedad, modelización, simulación*. Universidad de Granada. http://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/Jaem2001.pdf

Benjumea, A. (2016). La simulación, una herramienta para el aprendizaje de los conceptos físicos. *Tesis, 91*. https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/2991/LA%20SIMULACIÓN,%20UNA%20HERRAMIENTA%20PARA%20EL%20APRENDIZAJE%20DE%20LOS%20CONCEPTOS%20FÍSICOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Black, K. (2019). *Business statistics: for contemporary decision making*. Wiley.

Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. La indagación y modelización de alambique. *Didáctica de las Ciencias Experimentales, 69*, 21-34. https://www.researchgate.net/publication/283363895_Ensenar_Quimica_mediante_la_contextualizacion

Chévez, É., y Freire, M. J. (2017). *Metodologías de aprendizaje en las prácticas experimentales de física: un estudio bibliográfico*. (Tesis de grado). Universidad Estatal de Milagro. http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/3656

Collazos, H. F., y Castrillón, O. D. (2019). Metodología para la enseñanza del movimiento oscilatorio mediante simulación computarizada.

Información Tecnológica, 30(4), 165-179. https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000400165

Cortés, A. B. (2016). *Desarrollo de un entorno de simulación 3D como herramienta de apoyo para la enseñanza de la física*. http://dspace.biblioteca.um.edu.mx/xmlui/handle/20.500.11972/1165

Cortés, C. M. (2014). *La retroalimentación en la educación basada en simuladores un estado del arte : retroalimentación efectiva en escenarios críticos de reanimación*. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana. http://hdl.handle.net/10554/12357

Crawford, M. L. (2004). *Enseñanza contextual. investigación, fundamentos y técnicas para mejorar la motivación y el logro de los estudiantes en matemática y ciencias. https://cbibliotecavirtual.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/07/iftm-mlc.pdf*

Creswell, J. W. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed approaches*. Sage Publications. https://reviewbooku.com/review/research-design-qualitative-quantitative-and-mixed-approaches-4951969

Cunguan, M. L. (2019). *Modelización de las leyes de Newton en el cuerpo humano y la enseñanza interactiva mediante el uso del simulador PhET en los estudiantes de primero de bachillerato técnico en mecánica automotriz (EMA) de la Unidad Educativa Rumiñahui ubicada en la ciudad de Sangolquí, en el año lectivo 2018-2019*. (Trabajo de grado). Universidad Central del Ecuador-UCE. http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18461

Díaz, J. (2017). Importancia de la simulación Phet en la enseñanza y aprendizaje de fracciones equivalentes. *Revista Educación y Desarrollo Social, 11*(1), 48-63. https://doi.org/10.18359/reds.2011

Díaz, J. (2018). Aprendizaje de las matemáticas con el uso de simulación. *Sophia, 14*(1), 22-30. https://doi.org/10.18634/sophiaj.14v.1i.519

Duart, J. M., y Sangrá, A. (2005). *Formación universitaria por medio de la web: un modelo integrador para el aprendizaje superior. Aprender en la virtualidad*.

Gedisa: Universitat Oberta de Catalunya = Universidad Oberta de Cataluña, UOC

Durán, D. (2019). *Actitud de los estudiantes hacia la física con la implementación del uso de simuladores de fenómenos físicos en clases*. https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/6291/9562/

Esteban, M. (2002). El diseño de entornos de aprendizaje constructivista. *Revista de Educación a Distancia (RED), 2*(6). https://revistas.um.es/red/article/view/25321

Faúndez, C. A., Bravo, A. A., Ramírez, G. P., y Astudillo, H. F. (2017). Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el proceso de enseñanza-aprendizaje de conceptos de termodinámica como herramienta para futuros docentes. *Formación Universitaria, 10*(4), 43-54. https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000400005

Fernández, R. G., Ruiz, A. G., y Guío, M. D. (2005). Estrategias para la mejora en la calidad de enseñanza en física y química en la E.S.O. En Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (Ed.), *Didáctica de la física y la química en los distintos niveles educativos* (pp. 25-32). https://www.quimicaysociedad.org/wp-content/uploads/2018/04/didactica_de_la_fisica_y_la_quimica_en_los_distintos_niveles_educativos_2.pdf#page=25

Ferraro, S. (2018). Is information and communication technology satisfying educational needs at school? *Computers y Education, 122,* 194-204. https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2018.04.002

Fong, C. (2005). Los criterios de objetividad científica y las metodologías cuantitativas y cualitativas en el análisis de la ventaja competitiva ¿aún existe un debate? *Econoquantum, 1*(2), 125–139. https://doi.org/10.18381/eq.v1i2.177

Garzón-Saladen, Á., y Romero-González, Z. (2018). Los modelos pedagógicos y su relación con las concepciones del derecho: puntos de encuentro con la educación en derecho. *Revista de Investigación,*

Desarrollo e Innovación, 8(2), 311. https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n2.2018.7968

González, A., y Gómez, A. (2005). El aprendizaje significativo y funcional: una herramienta metodológica en la física de segundo de bachillerato. En G. Pinto (Ed.), *Aprendizaje activo de la física y la química* (pp. 61-66). Equipo Sirius. https://cmapspublic.ihmc.us/rid=1246402082831_734405435_19494/archivo30.pdf#page=125

González, M., y González, M. (2016). *Uso de smartphones en experimentos de física en el laboratorio y fuera de él*. Congreso de Docentes en Ciencias, Madrid. https://uvadoc.a.s/ itstream/handle/10324/17485/gonzalez-cdc-nv.pdf;jsessionid=050BE302145B2C4F0BD295FF55F65BEE?sequence=1

Grisales, C. (2013). *Implementación de la plataforma Moodle en la Institución Educativa Luis López de Mesa*. Universidad Nacional de Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/items/9b0ccf60-daf9-47a5-a21b-43bb3d4da5b8

Guerrero Flórez, L. K. (2019). Aprendizaje basado en problemas (ABP) como estrategia para fortalecer las competencias científicas en ciencias naturales. *Paideia Surcolombiana, 24,* 67-76. https://doi.org/10.25054/01240307.1700

Gutiérrez, C. (2019). *Física II*. McGraw Hill.

Halloun, I. A. (2006). *Modeling theory in science education. Modeling theory in science education*. Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-2140-2

Hernández, J. E., Timóteo, D. J. A., y Kuleshov, V. (2016). *PhET: Herramienta alternativa y eficaz en la enseñanza del tema "Corriente Alterna"*. Cuarto Coloquio Internacional Cifac. https://www.researchgate.net/publication/309701354

Hernández-Sampieri, R. (2017). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.

Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.

Hernández-Sampieri, R., y Fernández-Collado, C. (2017). *Cómo se originan las investigaciones cuantitativas, cualitativas o mixtas*. https://educacion.sanjuan.edu.ar/mesj/LinkClick.aspx?fileticket=zUjcQN9wYSk%3D&tabid=677&mid=1740

Herrera, A. (2003). *Algunas consideraciones técnicas sobre la construcción de ítems de pruebas objetivas según la clasificación de objetivos educativos de Bloom. Infome*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas. https://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1H3102ZRD-1D1P92P-R47/Consideraciones%20Técnicas%20sobre%20la%20Construcción%20de%20Items%20de%20Pruebas%20Objetivas%20según%20la%20Taxonomía%20de%20Bloom.pdf

Huppert, J., Lomask, S., y Lazarowitz, R. (2002). Computer simulations in the high school: Students' cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology. *International Journal of Science Education, 24*(8), 803-821. https://doi.org/10.1080/09500690110049150

Informática Educativa (2012). *Los simuladores educativos*. http://cinthyaraquelfiallos.blogspot.com/2012/04/simuladores.html

Institución Educativa Enrique Suárez. (2018). *Plan de área Ciencias Naturales y Educación Ambiental*.

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación-Icfes. (2016). Reporte de resultados del examen Saber 11° por aplicación Secretaría de Educación - Boyacá 2016-2.

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación-Icfes. (2017). Reporte de resultados del examen Saber 11° por aplicación Secretaría de Educación - Boyacá 2017-2.

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación-Icfes. (2018). Reporte de resultados del examen Saber 11° por aplicación Secretaría de Educación - Boyacá 2018-2.

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación-Icfes. (2019a). *Guía de orientación Saber Pro*. https://www.icfes.gov.co/

wp-content/uploads/2024/11/10-Mayo_Disen%CC%83o-de-Sistemas-Meca%CC%81nicos-Saber-Pro-2024-2.pdf

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación-Icfes. (2019b). Reporte de resultados del examen Saber 11° por aplicación Secretaría de Educación - Boyacá 2019-4. IcfeS-2019.

Izquierdo Arroyo, J. M. (1995). *Estructuras conceptuales para la representación documental*. I Encuentro de ISKO, España, 27-50. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2341307

Jonassen, D.H. (2004). *Learning to Solve Problem. An instructional design guide*. San Francisco: John Wiley & Son, Inc. https://www.sciepub.com/reference/266157

Kleinemeier, M. (2014). *Smartphones in science teaching (iStage2)*. Science On Tage. https://usuaris.tinet.cat/pcompte/mobile/downloads.html

Lester, J. D., y Lester, J. J. D. (2015). *Writing research papers: a complete guide*. 13th Edition. Pearson Education. https://farname.ir/upload/posts/1396-08/James_D_Lester_Writing_Research.pdf

Llamas, L. (2015). *Física II*. Secretaría de Educación Pública. https://es.scribd.com/document/815501249/Fisica-II-U3-udemex

Londoño, O. L., Maldonado, L. F., Gómez, J. P., Restrepo, I. E., Lucumí, P., González, M. A., Escobar-Sierra, M., Cubillos, J. J., y Hernández, J. C. (2015). *Representación ontológica hipermedial en línea para el aprendizaje significativo*.

López, S., Veit, E. A., y Araujo, I. S. (2016). Una revisión de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en la educación básica y media. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *38*(2). https://www.scielo.br/j/rbef/a/ffvbxDDcxYGkzdhhxZYNYWC/?format=pdf&lang=es

López, V., Couso, L., Simarro, C., Garrido, A., Grimalt, C., Hernández, M., y Pintó, R. (2017). El papel de las TIC en la enseñanza de las ciencias

en secundaria desde la perspectiva. X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, núm. extra*, 691–698. https://ddd.uab.cat/record/184575

Los creadores. (2015). Video: La curiosa historia de la electricidad. Canal Los creadores. https://www.youtube.com/watch?v=t_xK2m444BQ

Lucero, I. (2015). Resolviendo problemas de física con simulaciones: un ejemplo para el ciclo básico de la educación secundaria. En *X Congreso de Tecnología En Educación y Educación en Tecnología* (pp. 645-653). Red de Universidades con Carreras en Informática. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/49152/Documento_completo.pdf?sequence=1

Lugo, M. T., y Ithurburu, V. (2019). Políticas digitales en América Latina. Tecnologías para fortalecer la educación de calidad. *Revista Iberoamericana de Educación, 79*(1), 11-31. https://doi.org/10.35362/rie7913398

Maldonado, A., y Luque, C. M. (2019). Implementación de las TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Virtu@lmente, 6*(1), 90-98. https://doi.org/10.21158/2357514x.v6.n1.2018.2107

Marbà, A., y Màrquez, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de primaria a cuarto de la ESO. *Science, 8,* 19-30. https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/122232/3/351506.pdf.txt

Martínez, J. E. (2016). PhET. Percepciones y contribución del uso de simulaciones en el aprendizaje de los conceptos de energía para un curso de física general de la ensenanza tecnica. *ArXiv Preprint ArXiv:1606.00245*. http://arxiv.org/abs/1606.00245

Martínez-Argüello, L. D., Hinojo-Lucena, F. J., y Díaz, I. A. (2018). Aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los procesos de enseñanza-aprendizaje por parte de los profesores de química. *Información Tecnológica, 29*(2), 41-52. https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000200041

Marulanda, J., y Gómez, L. (2006). Experimentos en el aula de clase para la enseñanza de la física. *Revista de la Sociedad Colombiana de Física, 38*(2), 699-702.

Más Ciencia, Por Favor. (s. f.). *Realidad aumentada y química: una combinación explosiva*. https://mascienciapf.blogspot.com/2014/02/realidad-aumentada-y-quimica-una.html

Méndez, D. (2012). Cambio motivacional realizado por las TIC en los alumnos de secundaria de física. *Miscelánea Comillas. Revista de Ciencias Humanas y Sociales, 70*(136), 199-224. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3946367

Méndez, D. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XXI, 18*(2), 215-235. https://revistas.uned.es/index.php/educacionXX1/article/view/14602/18824

Méndez, E. (2013). Simuladores Java y aprendizaje del teorema trabajo-energía. (Tesis de grado). Universidad Rafael Landívar, Facultad de Humanidades. http://186.151.197.48/tesiseortiz/2014/05/86/Mendez-Edner.pdf

Ministerio de Educación Nacional-MEN. (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden*. http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf.pdf

Ministerio de Educación Nacional-MEN. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje-DBA*. https://www.colombiaaprende.edu.co/contenidos/coleccion/derechos-basicos-de-aprendizaje

Ministerio de Educación Nacional-MEN. (s. f.). *Glosario*. https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-propertyvalue-55247.html?_noredirect=1

Morales, I., y Infante, E. (2005). *Física 2*. Norma. https://www.librerianorma.com/producto/producto?p=VO0U1rUXX21xCN9q9sZJ991xYF69NHke

Morales, P. (2006). *Las pruebas objetivas: normas, modalidades y cuestiones discutidas*. (Tesis de grado). Universidad Pontificia Comillas. https://www.academia.edu/31030056/Las_pruebas_objetivas_normas_modalidades_y_cuestiones_discutidas

mSchools. (s.f.). *Toolbox*. https://toolbox.mobileworldcapital.com/

Nieda, J., y Macedo, B. (1997). Importancia de la enseñanza de las ciencias en la sociedad actual. En OEI (Ed.), *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años* (pp. 19-24). http://villaeducacion.mx/descargar.php?idtema=628&data=1fb14e_nieda-y-macedo-importancia-enza-ciencias.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura-Unesco. (1999). *Declaración sobre la ciencia y la utilización del conocimiento científico. (Conferencia Mundial sobre la Ciencia)*. Budapest, 1º. de enero de 1999. https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/684760/EM_2_8.pdf?sequence=1

Ostermann, F., y Moreira, M. A. (2000). Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 18*(3), 391-404. http://hdl.handle.net/10183/142477

Platzi. (2016). Video: Cómo funcionan los circuitos electrónicos. https://www.youtube.com/watch?v=9Wrg7Lkdz5s

Pedró, F. (2011). *Tecnología y escuela: lo que funciona y por qué*. XXVI Semana Monográfica de la Educación. Fundación Santillana.https://www.fundacionsantillana.com/publicacao/tecnologia-y-escuela-lo-que-funciona-y-por-que/

Pérez-Higuera, G. D., Niño-Vega, J. A., y Fernández-Morales, F. H. (2020). Estrategia pedagógica basada en simuladores para potenciar las competencias de solución de problemas de física. *Aibi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería, 8*(3), 17–23. https://doi.org/10.15649/2346030X.863

Pozo, I., y Gómez, Á. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Capítulo V Del conocimiento cotidiano al conocimiento concpetual.* Ediciones Morata. Madrid. 152. https://oportunidadenlinea.cl/wp-content/uploads/2019/05/TA_Pozo_Unidad_3.pdf

Quevedo, L. (2013). *Diseño instruccional en simuladores de física.* Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación. UNAM. https://recursos.educoas.org/publicaciones/dise-o-instruccional-en-simuladores-de-f-sica

Raviolo, A., Álvarez, M., y Aguilar, A. (2011). La hoja de cálculo en la enseñanza de la física: re-creando simulaciones. *Revista de Enseñanza de la Física, 24*(1), 97-107. http://rid.unrn.edu.ar/jspui/handle/20.500.12049/2356

Rodríguez-Abril, P. L., Rodríguez-Hernández, A. A., y Avella-Forero, F. (2021). Evaluación de simuladores como estrategia para el aprendizaje de la electricidad en la asignatura de física en la educación media. *Revista Boletín Redipe, 10*(8), 219-237. https://doi.org/10.36260/RBR.V10I8.1401

Rodríguez-Hernández, A. (2010). Definición, descripción y estudio de los simuladores en software libre utilizados para el aprendizaje de la física. *Revista de Investigaciones UNAD, 10*(1), 153-169. https://doi.org/10.22490/25391887.657

Rojas, D., y Castaño, J. (2016). *Proyecto Saberes Física 11.* Santillana. https://www.santillana.com.co/catalogo/proyecto-saberes-fisica-11/

Rubio, L., Prieto, J., y Ortiz, J. (2016). La matemática en la simulación con GeoGebra. Una experiencia con el movimiento en caída libre. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation, 5,* 90-111. https://funes.uniandes.edu.co/funes-documentos/la-matematica-en-la-simulacion-con-geogebra-una-experiencia-con-el-movimiento-en-caida-libre/

Ruiz, E. (2018). *Desarrollo de una estrategia didáctica mediada por MEC para el estudio de oscilaciones y ondas.* (Tesis de maestría). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2329

Ruiz, J., Torres, A., y Álvarez, N. (2010). Alternativa para la formación del estudiante mediante el proceso didáctico de la física en el nivel medio superior. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa, 10*(10), 140-159.

Ruiz-Macías, E., y Duarte, J. E. (2018). Diseño de un material didáctico computarizado para la enseñanza de oscilaciones y ondas, a partir del estilo de aprendizaje de los estudiantes. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación, 8*(2), 295. https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n2.2018.7966

Salas, R., y Ardanza, P. (1995). La simulación como método de enseñanza y aprendizaje. *Educación Médica Superior, 9*, 3-4. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21411995000100002

Sánchez, L. (2002). Diversos términos sobre el conocimiento lego del alumno: ¿uno o varios significados? *Perfiles Educativos, 24*(97-98). https://www.redalyc.org/pdf/132/13209803.pdf

Sánchez-Otero, M., García-Guiliany, J., Steffens-Sanabria, E., y Hernández-Palma, H. (2019). Estrategias pedagógicas en procesos de enseñanza y aprendizaje en la educación superior incluyendo tecnologías de la información y las comunicaciones. *Información Tecnológica, 30*(3), 277-286. https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300277

Sanhueza, S., Bravo, A., Faúndez, C., y Utreras, E. (2018). Las TIC como herramientas cognitivas de inclusión en clases de física para estudiantes de enseñanza secundaria. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias, 13*(2), 306-324. https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/12585/pdf

Shannon, R., y Aldrete Bernal, F. (1988). *Simulación de sistemas: diseño, desarrollo e implementación*. Edit. Trillas. No. 003.0184 S5. http://catalogo.info.unlp.edu.ar/meran/opac-detail.pl?id1=849

Significado.com. (2015). *Simulador*. https://www.definicionabc.com/tecnologia/simulador.php

Lijo, R. (2020). Video: Energía y Potencia ¿En qué se diferencian?. Canal: Sígueme la Corriente. https://www.youtube.com/watch?v=jn9G6yBrlvE

Suárez, C. A. H., y Meneses, X. S. (2017). Fortalecimiento de competencias científicas. *Horizontes Pedagógicos, 19*(2), 91-100. https://doi.org/10.33881/0123-8264.HOP.19205

Tapasco, O. A., y Giraldo, J. A. (2017). Estudio comparativo sobre percepción y uso de las TIC entre profesores de universidades públicas y privadas. *Formación Universitaria, 10*(2), 3-12. https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000200002

Thomas, R. C., y Milligan, C. D. (2004). Putting teachers in the loop: tools for creating and customising simulations. *Journal of Interactive Media in Education, 2,* 24. https://doi.org/10.5334/2004-15

Timarán-Pereira, R., Caicedo-Zambrano, J., y Hidalgo-Troya, A. (2019). Árboles de decisión para predecir factores asociados al desempeño académico de estudiantes de bachillerato en las pruebas Saber 11°. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación, 9*(2), 363-378. https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n2.2019.9184

Tobón, S. (2007). Aspectos básicos de la formación basada en competencias. I+T+C: *Investigación, Tecnología y Ciencia, 1,* 46-49.

Torres, S. (2005). Propuesta metodológica de enseñanza y aprendizaje de la geometría, aplicada en escuelas críticas. (Tesis de Maestría). Universidad de Chile. http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2005/lastra_s/sources/lastra_s.pdf

University of Colorado. (2014). Guía para el envío de actividades. https://phet.colorado.edu/es/teaching-resources/activity-guide

University of Colorado. (s. f.). *Investigaciones*. https://phet.colorado.edu/es/research#pub_1

University of Colorado. (s. f.). *Simulaciones interactivas de ciencias y matemáticas*. https://phet.colorado.edu/es/

Velasco, J., y Buteler, L. (2017). Simulaciones computacionales en la enseñanza de la física: una revisión crítica de los últimos años. *Enseñanza de las Ciencias, 35*(2), 161-178. Universitat Autònoma de Barcelona. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2117

Velásquez, Á. (2009). *Importancia de la instrumentación y la simulación de fenómenos naturales dentro de la formación en ciencias aplicadas. Universidad EAFIT.*

Wieman, C., Adams, W., y Perkins, K. (2008). PhET: Simulations that enhance learning. *Science, 322*(5902), 682-683. https://doi.org/10.1126/science.1161948

Yánez, A. F. (2018). *Simulador PhET en la enseñanza de las cargas eléctricas en movimiento en los estudiantes de tercero de bachillerato de la Unidad Educativa "Paúl Dirac", durante el año lectivo 2017-2018.* (Trabajo de grado). Universidad Central del Ecuador-UCE. https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/42468ca8-3b77-4b2b-b505-39846a8d02f0

Glosario

Competencia comprensiva: Consiste en desarrollar capacidades y funciones de procesamiento de información, fomento de la imaginación y, en la dimensión aplicada en la educación, en comprender el conocimiento para así seleccionar información, valorar, resumir clasificar y almacenar en la memoria a largo plazo en forma de esquemas de conocimiento, examinando su posible aplicación.

Competencia de indagación y explicación: Es la acción planeada, orientada a la búsqueda de información que ayuda a establecer la validez de una respuesta preliminar, ofreciendo la posibilidad de experimentar y llegar a conocer y comprender un fenómeno.

Derechos básicos de aprendizaje (DBA): Son el conjunto y la descripción detallada de los aprendizajes para un grado y un área particular en la educación básica y media.

Laboratorio remoto: Es una herramienta tecnológica que integra *software* y *hardware* para que realizar prácticas de forma remota como si estuvieran en un laboratorio tradicional. El acceso a estas herramientas se realiza a través de internet.

Modelamiento sistémico: Es una técnica para analizar y tratar con la complejidad inherente a los sistemas. El uso de modelos permite visualizar el sistema a construir; en la simulación, es fundamental para comprender el sistema real que se pretende simular.

Parametrización: Proceso de identificar y estructurar elementos o datos importantes desde los que se examina un tema, cuestión o asunto. En el contexto de esta investigación, se refiere a identificar los estándares, los

derechos básicos de aprendizaje (DBA) y las evidencias de aprendizaje en torno al tema objeto de estudio.

Software simulador: Es una solución informática que tiene la capacidad de emular con precisión una situación, proceso o procedimiento, que imita el comportamiento de un sistema real, incluso a nivel de procesos, efectos y resultados.

Lista de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables 32
Tabla 2. Instrumentos y técnicas de recolección de la información. ... 33
Tabla 3. Distribución por competencias de prueba de saberes 35
Tabla 4. Escala de medición de rendimiento académico 36
Tabla 5. Escala y criterio escalonamiento Likert 36
Tabla 6. Agrupación de interacciones en el entorno de aula Moodle 41
Tabla 7. Requerimientos de método sistémico estructural 56
Tabla 8. Contenido temático según derechos básicos de aprendizaje (DBA) 71
Tabla 9. Objetivos de aprendizaje por bloque y desglosados. 76
Tabla 10. Material pedagógico construido y recolectado 77
Tabla 11. Simuladores usados por bloque y objetivo de aprendizaje asociado 78
Tabla 12. Número de interacciones en el entorno Moodle 80
Tabla 13. Calificaciones informes de laboratorio 80
Tabla 14. Estadísticas descriptivas por competencia en el pre-test y pos-test 82
Tabla 15. Contingencia Respuesta* pregunta 86
Tabla 16. Estadísticas descriptivas de actividades por categoría. 90
Tabla 17. Contribuciones y correlaciones ACP 93

Lista de Figuras

Figura 1. Árbol de problema. 20

Figura 2. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Asociar fenómenos naturales con conceptos propios del conocimiento científico. (2016 al 2019) 22

Figura 3. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Identificar las características de algunos fenómenos de la naturaleza basado en el análisis de información y conceptos propios del conocimiento científico. (2016 al 2019).....22

Figura 4. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Comprender que a partir de la investigación científica se construyen explicaciones sobre el mundo natural. (2016 al 2019) 23

Figura 5. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Modelar fenómenos de la naturaleza basado en el análisis de variables, la relación entre dos o más conceptos del conocimiento científico y de la evidencia derivada de investigaciones científicas. (2016 al 2019) ...23

Figura 6. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Derivar conclusiones para algunos fenómenos de la naturaleza basándose en conocimientos científicos y en la evidencia de su propia investigación y de la de otros. (2016 al 2019) 24

Figura 7. Porcentaje promedio de res puestas incorrectas en aprendizaje: Observar y relacionar patrones en los datos para evaluar las predicciones. (2016 al 2019) 24

Figura 8. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Explicar cómo ocurren algunos fenómenos de la naturaleza basado en observaciones, en patrones y en conceptos propios del conocimiento científico. (2016 al 2019) 25

Figura 9. Porcentaje promedio de respuestas incorrectas en aprendizaje: Utilizar algunas habilidades de pensamiento y de procedimiento para evaluar predicciones. (2016 al 2019).....25

Figura 10. Escenarios o herramientas han sido uilizadas para el prendizaje de las ciencias 26

Figura 11. Escenarios o herramientas han sido utilizadas para el aprendizaje de las ciencias. 27

Figura 12. Intensidad horaria dedicada de forma independiente al estudio de la física semanalmente.....27

Figura 13. Niveles de interés de los estudiantes en las asignaturas de ciencias.....28

Figura 14. Diagrama de estructura de desglose de trabajo (EDT) 37

Figura 15. Características de un simulador por computador.....49

Figura 16. Esquema de la metodología activa. Fuente: Autor, adaptado de Fernández *et al.* (2005). 52

Figura 17. Esquema de método sistemático estructural. Fuente: Autor, sinterizado de Ruiz.....54

Figura 18. Procedimiento para la creación de actividades didácticas *PhET*. 57

Figura 19. Estructura de prueba Saber 11. 59

Figura 20. Ontología de la electricidad de la física eléctrica para la educación media. 62

Figura 21. Temática física eléctrica electrodinámica priorizados 71

Figura 22. Contenido temático por bloques. 73

Figura 23. Diagrama de flujo de la secuencia pedagógica - secuencia por bloque temático. Fuente: Autor. Basada en los aportes del Aprendizaje significativo, estrategias pedagógicas en la física (Aprendizaje significativo y funcional, metodología activa, método sistémico estructural y el enfoque de indagación guiada.) 74

Figura 24. Estructura de los bloques temáticos en el curso en MOODLE. 79

Figura 25. Media del rendimiento académico en la competencia uso del conocimiento científico. 83

Figura 26. Media del rendimiento académico en la competencia explicación. 84

Figura 27. Media del rendimiento académico en la competencia indagación. 84

Figura 28. Media del rendimiento académico general 85

Figura 29. Media del rendimiento académico por competencia. 85

Figura 30. Frecuencias sobre la percepción de la información suministrada. 87

Figura 31. Frecuencias sobre la percepción de los simuladores. 87

Figura 32. Frecuencias sobre el interés generado en el área de física. 88

Figura 33. Frecuencias sobre la percepción del aprendizaje.9

Figura 34. Frecuencias sobre la percepción del empleo de TIC.....89

Figura 35. Frecuencias sobre la percepción general de la estrategia. 90

Figura 36. Correlaciones de categorías. 1. Resultado postest, 2. Bloque I, 3. Bloque II, 4. Bloque III, 5. Generales, 6. Material complementario, 7. Laboratorios Bloque I, 8. Laboratorios Bloque II, 9. Laboratorios Bloque III, 10. Percepción. 92

Figura 37. Coordenadas ACP. 93



Este libro se terminó de editar en el mes
de junio de 2026, en la Editorial UPTC.
Tunja - Boyacá - Colombia.

Este libro resultado de procesos investigativos identificó la necesidad de transformar la enseñanza de la Física, la cual enfrenta el reto de hacer tangibles los conceptos abstractos. Esta obra presenta resultados de investigación que condujeron a desarrollar una estrategia pedagógica validada, que integra la simulación computacional bajo el enfoque STEM, orientada a fortalecer la educación en ciencias naturales en el nivel de la educación media. Enfocando en las áreas de física eléctrica y electrodinámica, se describe cómo los simuladores educativos de la plataforma PhET y las aulas virtuales permiten modelar fenómenos complejos en entornos seguros, facilitando el paso de la teoría a la práctica. Con un diseño metodológico que incluye indagación guiada y evaluación por competencias, los autores evidencian mejoras significativas en la apropiación del conocimiento, la explicación de fenómenos y la motivación estudiantil. Más que un reporte técnico, el texto ofrece una ruta clara y replicable para que docentes e investigadores incorporen las TIC como mediadores cognitivos, transformando el aula en un espacio de aprendizaje activo que desarrolla competencias, críticas para el siglo XXI.

El trabajo que aquí se presenta, además, constituye una herramienta esencial para docentes, directivos e investigadores comprometidos con la innovación educativa, fortaleciendo la cultura tecno científica en las comunidades educativas.

EDITORIAL UPTC

TICA
Tecnología, Investigación y Ciencia Aplicada
Grupo Investigación
Uptc

El Grupo de Investigación TICA (Tecnología, Investigación y Ciencia Aplicada) de la UPTC, con más de 20 años de trabajo. Está clasificado en Categoría A por MinCiencias y se enmarca en el área de Computación y Ciencias de la Información. Soporta programas de pregrado y maestría a través de sus líneas y ejes de investigación, las cuales son Tecnologías Digitales, Sistemas de Información y TIC e Ingeniería para la Transformación y la Sostenibilidad.

Cuenta con un equipo interdisciplinar de más de doce investigadores con formación doctoral o de maestría. Y alrededor de 20 estudiantes de maestría y pregrado como semilleros activos. Entre sus resultados destacan artículos científicos indexados en revistas internacionales y nacionales, libros de investigación, registros software empresariales y educativos, tesis doctorales y de maestría, y ponencias a nivel nacional e internacionales en más de 100 eventos, en los campos de la IA aplicada a la educación, simulación, integración de TIC en la educación, machine learning y transformación digital educativa.

Uptc®
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
VIGILADA MINEDUCACIÓN

ISBN: 978-628-7863-61-3