



Simulación y Visualización del Campo Eléctrico: Uso de Experimentos Eléctricos y Physlet en la Enseñanza de la Física en Educación Media Superior

Edgar Javier Morales Velasco^a, Cesar Mora^b

^{a, b} Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional, Calz. Legaria 694, Col. Irrigación, Miguel Hidalgo, 11500 CDMX

ARTICLE INFO

Received: 12 de julio de 2024

Accepted: 24 de octubre de 2024

Available on-line: 30 de noviembre de 2024

Keywords: Campo Eléctrico, Physlet, TPACK

E-mail addresses:
edgarmvdj@hotmail.com,
ceml36@gmail.com.

ISSN 2007-9842

© 2024 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

El campo eléctrico es un concepto esencial en física con aplicaciones en diversos ámbitos. Sin embargo, su enseñanza enfrenta importantes desafíos debido a su carácter abstracto, su desconexión con la vida cotidiana y el predominio de metodologías tradicionales que limitan la comprensión de los estudiantes. En la Escuela Preparatoria No. 1 del Estado de Chiapas, este tema es percibido como poco relevante por los alumnos, situación que se ve exacerbada por la carencia de laboratorios adecuados y el uso insuficiente de herramientas tecnológicas. Para abordar esta problemática, se propuso una estrategia pedagógica que combina experimentos prácticos con simulaciones interactivas empleando herramientas virtuales. Este enfoque busca conectar los conceptos teóricos con aplicaciones prácticas a través de actividades activas y contextualizadas, superando las limitaciones de los métodos de enseñanza convencionales y promoviendo un aprendizaje significativo. La investigación se llevó a cabo con 156 estudiantes, de los cuales un grupo experimental participó en actividades innovadoras, como la construcción de prototipos con materiales accesibles y el uso de simulaciones virtuales. Los datos recolectados mediante encuestas, observaciones en clase y pruebas diagnósticas mostraron que el grupo experimental logró una ganancia de Hake significativamente mayor (0.6926) en comparación con el grupo de control (0.2309), lo que evidencia un aprendizaje más profundo. El marco teórico subraya el papel fundamental de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) en la enseñanza de la física. Además, el modelo TPACK facilita la integración de contenido, pedagogía y tecnología. Herramientas como PhET y TINKERCAD impulsaron la interacción activa de los estudiantes con conceptos complejos. En conclusión, la intervención educativa basada en experimentos prácticos y simulaciones resultó altamente efectiva, destacando la relevancia de metodologías innovadoras y tecnologías emergentes para enriquecer la enseñanza del campo eléctrico y desarrollar competencias clave en los estudiantes.

The electric field is a fundamental concept in physics with applications in various fields. However, its teaching faces significant challenges due to its abstract nature, disconnection from everyday life, and the predominance of traditional methodologies that hinder students' understanding. At Escuela Preparatoria No. 1 in the State of Chiapas, students perceive this topic as lacking relevance, a situation further exacerbated by the absence of adequate laboratories and limited use of technological tools. To address this issue, a pedagogical strategy was proposed that combines practical experiments with interactive simulations using virtual tools. This approach aims to link theoretical concepts with practical applications through active and contextualized activities, overcoming the limitations of conventional teaching methods and fostering meaningful learning. The study involved 156 students, with an experimental group participating in innovative activities such as building prototypes with accessible materials and using virtual simulations. Data collected through surveys, classroom observations, and diagnostic tests showed that the experimental group achieved a significantly higher Hake gain (0.6926) compared to the control group (0.2309),

demonstrating deeper learning. The theoretical framework emphasizes the essential role of Information and Communication Technologies (ICT) and Learning and Knowledge Technologies (LKT) in physics education. Additionally, the TPACK model supports the integration of content, pedagogy, and technology. Tools such as PhET and TINKERCAD promoted students' active engagement with complex concepts. In conclusion, the educational intervention based on practical experiments and simulations proved highly effective, highlighting the importance of innovative methodologies and emerging technologies in enriching the teaching of the electric field and developing key competencies in students.

I. INTRODUCCIÓN

En nuestra vida cotidiana, estamos rodeados por fenómenos físicos que impactan diversos aspectos de nuestra existencia. Uno de estos fenómenos es el campo eléctrico, un concepto fundamental en la física que se manifiesta al activar equipos eléctricos (Boylestad y Nashelsky, 2009). Este fenómeno también se encuentra presente en la naturaleza, como en el caso del ornitorrinco, que utiliza el campo eléctrico para localizar su alimento (ortorrinocopedia, s.f.). Además, el campo eléctrico desempeña un papel crucial en múltiples procesos químicos, como la electroósmosis, y en tecnologías como las señales de radiodifusión, radar, microondas e incluso en dispositivos cotidianos como las impresoras láser. Dado su impacto en diversas áreas de la ciencia y la tecnología, el aprendizaje del campo eléctrico es esencial, no solo en términos teóricos, sino también por su aplicabilidad práctica en varias disciplinas.

No obstante, en el contexto educativo, la enseñanza de la física tiende a volverse cada vez más abstracta, especialmente debido a la creciente matematización de los conceptos físicos. Un claro ejemplo de esta tendencia es el campo eléctrico, cuya enseñanza, al depender mayormente de representaciones matemáticas, suele desatender la dimensión experimental del fenómeno. Esta abstracción puede dificultar que los estudiantes conecten el concepto con su realidad cotidiana, lo que provoca una falta de interés e incluso rechazo hacia el estudio del tema. La desconexión entre el contenido abstracto y la experiencia práctica del estudiante constituye una barrera significativa para una comprensión y aprendizaje efectivos de este fenómeno.

Este problema es particularmente evidente en los centros educativos de nivel medio superior, como la Escuela Preparatoria No. 1 del Estado, donde se ha observado que los estudiantes consideran el estudio del campo eléctrico como poco significativo debido a la forma en que se presenta el contenido. En esta institución, se ha identificado que los enfoques tradicionales de enseñanza, centrados principalmente en la teoría matemática, no favorecen la participación activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje. Además, los libros de texto y manuales utilizados en este nivel educativo no están diseñados para promover una comprensión profunda ni una participación activa en el estudio de los fenómenos físicos. Por otro lado, las actividades de laboratorio, que deberían ser una oportunidad para experimentar y visualizar conceptos físicos de manera directa, a menudo carecen de una estructura adecuada para facilitar un aprendizaje significativo o una comprensión profunda de los principios involucrados. En este sentido, Meisner et al. (2008) señalan que, en muchos laboratorios, la falta de insumos y de personal capacitado es un obstáculo para una enseñanza efectiva.

Respecto a la metodología de enseñanza, en muchos casos predomina el enfoque expositivo, en el que el docente se limita a transmitir el conocimiento de manera unidireccional, sin fomentar la participación activa de los estudiantes ni su interacción con el contenido. Aunque este modelo tradicional puede ser útil en ciertos contextos, resulta limitado cuando se trata de enseñar fenómenos complejos como el campo eléctrico, los cuales requieren enfoques más dinámicos y prácticos. Al adoptar un rol pasivo, los estudiantes tienen dificultades para integrar los conceptos teóricos con las experiencias prácticas y experimentales que les permitirían consolidar su comprensión. En este sentido, Ruiz et al. (2011) proponen que el estudiante debe integrar los conocimientos adquiridos con su cultura general, utilizando dinámicas que se alejen de las cotidianas. Además, Plata (2014) señala que en la enseñanza de la física enfrentamos importantes desafíos, ya que las técnicas y teorías aplicadas en los procedimientos pedagógicos del aula constantemente han sido cuestionadas.

El enfoque tradicional en la enseñanza del campo eléctrico también carece de una estrategia adecuada para aprovechar las tecnologías disponibles. Hoy en día, herramientas como simulaciones y programas interactivos, como Physlet, ofrecen oportunidades únicas para visualizar fenómenos eléctricos de manera que los estudiantes puedan

experimentar y explorar conceptos abstractos de forma más directa y comprensible. Sin embargo, el uso de estas herramientas aún no se ha integrado de manera efectiva en muchos entornos educativos, limitando el potencial de mejora en la enseñanza de la física.

Por lo tanto, es urgente replantear la forma en que se enseña el campo eléctrico, promoviendo una mayor interacción entre los estudiantes y los conceptos físicos, y adoptando un enfoque más equilibrado que combine la teoría matemática con la experimentación práctica. Este estudio busca abordar estas limitaciones, explorando nuevas formas de enseñar el campo eléctrico en la educación media superior mediante el uso de simulaciones y experimentos interactivos que fomenten un aprendizaje activo y significativo.

II. JUSTIFICACIÓN

La física es una disciplina esencial en la formación académica de los estudiantes, no solo por sus aplicaciones en el ámbito de las ciencias naturales, sino también por su influencia en fenómenos cotidianos que impactan diversas áreas de la vida social. Tal como destacan Garcia (2014) y Matthews (2017), la alfabetización científica no debe limitarse a la adquisición de conocimientos técnicos, sino que debe fomentar una disposición crítica y un compromiso activo frente a los fenómenos científicos que afectan a la sociedad. Este enfoque resulta crucial, ya que permite a los estudiantes comprender la relevancia de la ciencia, su evolución histórica y cómo sus avances inciden en el desarrollo sociocultural, contribuyendo así a la formación de ciudadanos conscientes y responsables. Por ello, es fundamental que los estudiantes adquieran un conocimiento sólido sobre la naturaleza esencial de la ciencia, lo que justifica la inclusión de contenidos científicos fundamentales en los planes educativos.

Entre los diversos temas de la física, uno de los que más desafíos presenta en su enseñanza es el campo eléctrico. Este concepto, debido a su fuerte carga matemática y su carácter abstracto, se desconecta frecuentemente de su componente experimental, lo que dificulta su comprensión por parte de los estudiantes. Según Pujalte et al. (2014), las percepciones de los futuros docentes sobre la ciencia juegan un papel determinante en el proceso de enseñanza, ya que, si estas son erróneas o limitadas, pueden convertirse en barreras que impidan una comprensión profunda de los contenidos. En este sentido, la formación de los profesores y su concepción de la esencia de la ciencia resulta clave para garantizar un aprendizaje significativo en los estudiantes.

El estudio del campo eléctrico es particularmente relevante debido a sus múltiples aplicaciones en la vida diaria y su impacto en la resolución de problemas sociales y tecnológicos, como ocurre en diversas regiones, incluyendo Chiapas. Sin embargo, la enseñanza tradicional de estos conceptos, basada en la abstracción matemática sin suficiente interacción experimental, puede dificultar que los estudiantes conecten con el tema, llevándolos a percibirlo como algo irrelevante. En este contexto, la propuesta de integrar experimentos eléctricos junto con recursos tecnológicos como Physlet se presenta como una alternativa viable para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. La simulación de experimentos con esta herramienta permite a los estudiantes visualizar fenómenos eléctricos que no son fácilmente observables, lo que facilita su comprensión y fomenta una participación activa en el aprendizaje.

El propósito de esta investigación es mejorar la enseñanza del campo eléctrico en el nivel medio superior, estimulando la curiosidad y el interés de los estudiantes mediante actividades experimentales, visuales y auditivas que hagan el aprendizaje más interactivo y accesible. Además, se busca promover el desarrollo de habilidades tanto genéricas como disciplinares, proporcionando a los estudiantes herramientas que les permitan transformar su realidad a través del conocimiento científico. Con este enfoque, se pretende superar las barreras actitudinales y cognitivas que los estudiantes pueden tener hacia la física, promoviendo un aprendizaje más efectivo y significativo.

Asimismo, se plantea que este modelo educativo sea replicable no solo en la educación media superior, sino también en otros niveles educativos, adaptando las herramientas tecnológicas a las necesidades específicas de cada contexto. Al involucrar a todos los actores educativos en este proceso, se busca crear un entorno de aprendizaje más dinámico y colaborativo, donde docentes y estudiantes sean partícipes activos en la construcción del conocimiento. De

esta manera, esta investigación contribuye a la consolidación de un modelo educativo centrado en el desarrollo integral de los estudiantes, preparándolos para ser ciudadanos globales capaces de enfrentar los retos del siglo XXI.

III. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es desarrollar una propuesta pedagógica innovadora que optimice el aprendizaje de los estudiantes sobre el campo eléctrico. Para ello, se propone el diseño de actividades que promuevan la construcción de experimentos en contextos eléctricos, así como el uso de la herramienta Physlet, con el fin de facilitar la comprensión de este fenómeno en el nivel educativo medio superior.

Este propósito nos lleva a formular la siguiente pregunta de investigación, relacionada con la problemática del aprendizaje del campo eléctrico en los estudiantes de nivel medio superior: ¿cómo puede el estudiante aprender el concepto de campo eléctrico mediante la simulación y visualización de experimentos eléctricos utilizando una Physlet?

A partir de esta interrogante, se ha desarrollado una propuesta que busca mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta propuesta está dirigida principalmente a los estudiantes de educación media superior, pero, con algunas adaptaciones, también podría aplicarse a otros niveles educativos, como la educación básica o universitaria, en cualquier país.

Si bien las simulaciones son herramientas poderosas para visualizar fenómenos abstractos, es posible que los estudiantes experimenten una desconexión entre lo que observan en las simulaciones y cómo esos fenómenos se manifiestan en la realidad, lo que podría limitar su capacidad para aplicar estos conceptos en experimentos físicos reales. Por ello, nuestra propuesta de investigación tiene dos enfoques clave: el primero consiste en la construcción de prototipos experimentales, en los cuales los estudiantes puedan interactuar directamente con el fenómeno físico; el segundo, en el uso de una herramienta tecnológica que complemente y refuerce el aprendizaje de los estudiantes.

IV. HIPÓTESIS

Nuestra investigación tiene un enfoque mixto, combinando un componente cuantitativo, que permite medir los resultados obtenidos por los alumnos al realizar las actividades, y un componente cualitativo, centrado en el comportamiento de los estudiantes durante la realización de los experimentos. En la actualidad, es crucial reconocer que la enseñanza no puede reducirse únicamente a la medición cuantitativa; los estudiantes, a lo largo de su formación académica, enfrentan también desafíos socioemocionales que deben ser considerados en cualquier intervención educativa. Por lo tanto, nuestra propuesta educativa no debe limitarse al análisis de datos cuantitativos, sino que debe integrar también el enfoque cualitativo para abordar estos aspectos. Con este enfoque en mente, se establecieron las siguientes hipótesis:

- H_0 : El uso de prototipos en ambientes eléctricos y la implementación de una physlet no tienen un impacto significativo en la adquisición de conocimientos sobre el campo eléctrico de manera lúdica, interactiva y contextualizada.
- H_1 : El uso de prototipos en ambientes eléctricos y la implementación de una physlet sí facilitan la adquisición de conocimientos sobre el campo eléctrico de forma lúdica, interactiva y contextualizada.

V. INVESTIGACIONES EN TORNO AL CAMPO ELÉCTRICO

El estudio del campo eléctrico tiene raíces antiguas, con registros en civilizaciones preescolares (Poveda, 2003). Según (Córdova, 2017; Barcos et al. 2012; y Rooney, 2013), el primer registro de observación del fenómeno se atribuye a Tales de Mileto, quien al frotar ámbar con piel notó que atraía objetos pequeños. Esta referencia histórica es esencial, ya que demuestra cómo el conocimiento ancestral se incorpora al ámbito escolar. Sin embargo, la desconexión entre

estos saberes históricos y su enseñanza puede generar ambigüedades en el aula. Conocer el origen histórico del campo eléctrico facilita una transposición didáctica más efectiva. Posteriormente, investigaciones de figuras como Rooney (2013) y Llancaqueo et al. (2003) destacaron los trabajos de Michael Faraday y James Clerk Maxwell, quienes, con sus investigaciones, sentaron las bases para las primeras descripciones detalladas de los fenómenos eléctricos. Mientras que inicialmente el estudio se centraba en las cargas eléctricas, como lo muestra la ley de Coulomb, las contribuciones de Maxwell permitieron el desarrollo de leyes más amplias que abarcan el comportamiento dinámico de los campos eléctricos.

VI. INVESTIGACIONES DEL CAMPO ELÉCTRICO EN EL CONTEXTO ESCOLAR

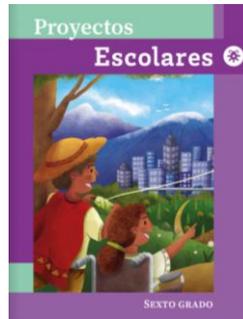
En el estudio de Meza (2012), se analiza cómo los enfoques tradicionales siguen siendo predominantes en la enseñanza de las ciencias, especialmente en física, a nivel bachillerato. A pesar de los avances en metodologías educativas, la instrucción sigue basándose en métodos tradicionales, como la repetición de conceptos, lo que limita la comprensión profunda de los estudiantes. Aunque hay evidencia de que estos métodos no favorecen aprendizajes significativos, continúan siendo los más utilizados en la educación secundaria, bachillerato y los primeros años de universidad.

En la investigación de Alzugaray et al. (2014), se destaca la creciente relevancia de las tecnologías computacionales en la ciencia, que permiten recolectar y analizar datos, simular fenómenos y mejorar la comunicación. Los autores subrayan la importancia de utilizar simulaciones en el aula desde una perspectiva didáctica, facilitando la comprensión de los estudiantes. El estudio, realizado con estudiantes de Ingeniería Mecánica, incluyó una actividad práctica de simulación sobre el campo eléctrico, combinando conceptos teóricos y metodológicos. La aplicación de la Teoría de los Campos Conceptuales permitió un avance significativo en la comprensión del tema.

Massons et al. (1993) destacan el valor creciente de la enseñanza asistida por ordenador (EAO) como complemento de las metodologías tradicionales. Investigaciones de Bonin et al. (2013) y Fonseca et al. (2006) exploran cómo las tecnologías emergentes pueden enriquecer la enseñanza de la Física en niveles básicos y universitarios, combinando métodos experimentales tradicionales con simulaciones. Aunque estos recursos tecnológicos muestran beneficios, los autores advierten que no garantizan mejoras automáticas en el aprendizaje sin una dimensión humana adecuada. Proponen una metodología que integra simulaciones y experimentos, apoyada en principios epistemológicos y disciplinares, para optimizar la enseñanza de la Física.

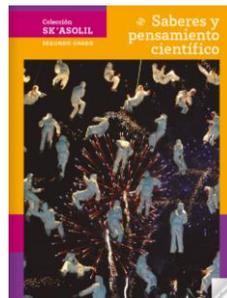
VII. EL CAMPO ELÉCTRICO EN EL CONTEXTO ESCOLAR

En el ámbito educativo, tanto docentes como estudiantes recurren a diferentes libros de texto para enseñar y aprender sobre el campo eléctrico. Un ejemplo destacado son los textos de CONALITEG, proporcionados por la Secretaría de Educación Pública de México. En educación básica, se utiliza el libro *Proyectos escolares de sexto semestre* (Figura 1), en el cual, en el apartado de "Saberes y pensamiento científico", se aborda el tema de la electricidad a través de la actividad "Iluminando mi escuela", basada en experimentos simples, pero sin el uso de tecnología. En el nivel de secundaria, el libro *Saberes y Pensamiento Científico* CONALITEG aborda la electricidad desde el enfoque de energías limpias, también sin tecnología (Figura 2a). La variedad en los libros de texto se vuelve más evidente en la educación media superior, como los utilizados en el telebachillerato (Figura 2b), en los cuales se plantean problemas relacionados con el campo eléctrico, pero sin apoyo tecnológico. Además, existen textos de origen anglosajón, como los de Tippens (2011), Serway y Jewitt (2017), y Halliday et al. (1999), entre otros, así como el de Perez (2014), de origen latino. En general, el campo eléctrico se presenta dentro del capítulo de electricidad en estos textos.



Campo formativo Saberes y pensamiento científico	106
Del Sistema Solar a la atmósfera terrestre: un viaje por el conocimiento de los gases atmosféricos y su importancia	108
Si se oxida o se quema, entonces hay oxígeno.....	122
Iluminando mi escuela.....	134
Nuestros vecinos estelares	150

FIGURA 1. Libro proyectos escolares sexto semestre, e índice temático donde se muestra la actividad donde se aborda la electricidad, CONALITEG.



FÍSICA

Aplicaciones del electromagnetismo	112
Aparatos tecnológicos de comunicación	113
Aplicaciones de la hidrostática	115
Aplicaciones del principio de Pascal	116
Aplicaciones del principio de Arquímedes	119
Cambio climático	121
Contribución del ser humano al cambio climático	122
Cinemática	126
Movimiento rectilíneo uniforme	127
Movimiento acelerado	129

FIGURA 2 a). Portada del libro e índice utilizado en secundaria Saberes y Pensamiento científico, CONALITEG.



FIGURA 2 b). Portada del libro de telebachillerato y bloque en donde se aborda el tema de campo eléctrico, Llamas (2015).

VIII. MARCO TEÓRICO

La física, como disciplina rigurosa, implica la creación, comprobación y aplicación de modelos científicos que organizan datos según principios generales Hestenes (1996). Sin embargo, la integración de tecnologías en la enseñanza está transformando este enfoque tradicional, brindando nuevas oportunidades para que los estudiantes diseñen modelos, participen en actividades interactivas y enfrenten situaciones reales, desarrollando habilidades clave para adaptarse a diferentes contextos. Ruiz, Mora y Álvarez (2011), junto con Ruiz (2015) y Talero (2011), destacan la importancia de desarrollar estas destrezas para que los estudiantes asuman un rol activo en la transformación de su entorno.

Esta investigación sigue estudios previos que resaltan la efectividad de las simulaciones interactivas como herramientas pedagógicas Ruiz, Mora y Álvarez (2011), Hestenes (1996), Raviolo et al. (2011), Meisner et al. (2008), Albarracín & Ramírez (2017), Fuentes et al. (2013). La combinación de una pedagogía bien estructurada con el aprendizaje colaborativo es esencial para lograr una comprensión profunda de la física. Este enfoque subraya la importancia de crear espacios virtuales que simulen un laboratorio real, permitiendo a los estudiantes interactuar con herramientas y compañeros, proporcionando una experiencia de aprendizaje basada en la investigación interactiva (Meisner et al., 2008).

Coincidimos con Meisner et al. (2008) y Fuentes et al. (2013) en la necesidad de incorporar espacios virtuales para fomentar el aprendizaje. Un ejemplo destacado es el software de PhET, que emplea la pedagogía del *Modeling Workshop* (participar, explorar, desarrollar, implementar y evaluar). Este enfoque busca transformar las estrategias de enseñanza de la física, permitiendo a los estudiantes investigar patrones en el entorno físico y en simulaciones virtuales realistas. LabPhysics sigue un ciclo pedagógico que incluye las etapas de compromiso, exploración, explicación, elaboración y evaluación, replicando las mejores prácticas de un laboratorio físico (Meisner et al., 2008; Becerra et al., 2016).

VIII.1 La Integración de las TIC y TAC en la Enseñanza del Campo Eléctrico

La enseñanza del campo eléctrico depende mayormente de métodos tradicionales como las clases magistrales, que carecen de interactividad y conexión con situaciones prácticas. Según Moya (2013), las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) optimizan la gestión, almacenamiento y recuperación de información, creando una necesidad de alfabetización digital que impacta la educación. En este contexto, las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) marcan una transición hacia la era del conocimiento, donde el énfasis está en convertir la información en conocimiento útil y aplicable a situaciones reales.

Este cambio conceptual es clave para la formación de habilidades digitales y competencias tecnológicas, aunque puede generar desventajas, como la Brecha Digital Moya (2013). Por ello, es esencial un enfoque sistemático que aproveche el potencial de las TIC y TAC para mejorar la calidad educativa. Lozano (2011) señala que las TAC deben redirigir las TIC hacia objetivos educativos claros, beneficiando tanto a estudiantes como a docentes y optimizando el proceso de enseñanza-aprendizaje.

VIII.2 El Modelo PCK y TPACK en la Integración de la Tecnología en la Enseñanza de la Física

Siguiendo a Shulman (1986, citado en Mishra & Koehler, 2006), el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) destaca la importancia de integrar el conocimiento disciplinar con el pedagógico, lo cual es esencial para mejorar la enseñanza de la física. Este enfoque se complementa con el modelo TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge), propuesto por Mishra & Koehler, (2006), que promueve la integración de tres componentes clave: contenido, pedagogía y tecnología. Según Moya (2013), este modelo ayuda a los docentes a seleccionar y usar herramientas de la Web 2.0, favoreciendo enfoques activos y colaborativos en el aula.

Coincidimos con Mora (2008, citado en Orozco (2012), quien sostiene que la instrucción activa de la física debe involucrar a los estudiantes en la construcción de su comprensión de los conceptos físicos mediante la observación directa del entorno, siguiendo el ciclo PODS (predecir, observar, deducir y sintetizar) (Orozco, 2012; Sanchez, 2017; Ramírez, 2017). Diversos estudios han demostrado que las estrategias de aprendizaje activo favorecen una mejor comprensión de los conceptos físicos (Sokoloff y Thornton, 2004, citado en Sarmiento y Budini (2016). Estas metodologías, basadas en principios constructivistas y colaborativos, transforman las aulas en entornos de aprendizaje colectivo, donde los estudiantes construyen conocimiento utilizando herramientas digitales.

VIII.3 Implementación Práctica de las Tecnologías en el Aula

La integración de las TIC y TAC en la enseñanza de la física debe ir acompañada de una planificación didáctica adecuada. El modelo TPACK resalta la importancia de integrar contenido, pedagogía y tecnología de manera interrelacionada para mejorar la efectividad en la enseñanza. Este modelo no trata a estos elementos como compartimentos aislados, sino que enfatiza su interacción compleja (Mishra & Koehler, 2006; Dean et al., 2013; Cabrero et al., 2017). En este sentido, los docentes deben ser capacitados para usar herramientas tecnológicas de manera efectiva, aprovechando su potencial en la creación de entornos de aprendizaje interactivos.

El uso de tecnologías como PhET en el aula es un ejemplo de cómo aplicar el enfoque TPACK. Este software permite a los estudiantes simular experimentos en un laboratorio virtual, facilitando la visualización de fenómenos físicos complejos, como el campo eléctrico, en un entorno controlado. La combinación de simulaciones con un enfoque pedagógico activo fomenta la participación de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje, mejorando su comprensión y desarrollando habilidades críticas para la resolución de problemas.

La integración de las TIC y TAC en la enseñanza de la física, especialmente en temas complejos como el campo eléctrico, tiene un potencial transformador. El enfoque TPACK (ver figura 3), que promueve la interrelación entre contenido, pedagogía y tecnología, es esencial para crear entornos de aprendizaje más efectivos. Las simulaciones interactivas, como las ofrecidas por PhET, no solo enriquecen la comprensión de los conceptos físicos, sino que también fomentan el pensamiento crítico y la participación activa de los estudiantes. Por lo tanto, la formación continua de los docentes en el uso de estas tecnologías y metodologías innovadoras es clave para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

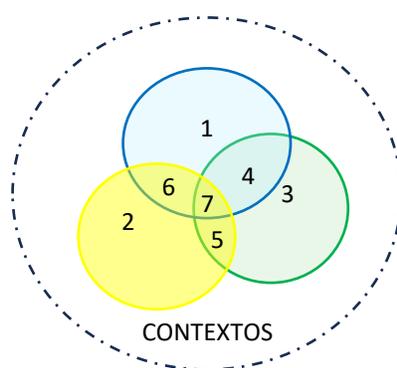


FIGURA 3. Modelo Teórico TPACK, 1. Conocimiento pedagógico, 2. Conocimiento del contenido, 3. Conocimiento tecnológico, 4. Conocimiento pedagógico tecnológico, 5. Conocimiento del contenido tecnológico, 6. Conocimiento pedagógico del contenido, 7. TPACK, tomado de Mishra & Koehler (2006).

IX. Metodología de investigación

La metodología "Physlet de la Ciencia" (PC) emplea la tecnología como herramienta clave para la enseñanza e investigación en física, siguiendo una estructura similar al método científico. A diferencia del enfoque tradicional, se enfoca en estudiar objetos más complejos en lugar de modelos simplificados. Esta metodología, que integra un mecanismo de validación interna según Artigue (1992), requiere una sólida base educativa en el aula y un análisis detallado de las secuencias didácticas para diseñar actividades pedagógicas efectivas. Se organiza en fases definidas: la fase inicial delimita el problema y establece hipótesis y recursos; la fase de experimentación diseña actividades con tecnologías como PhET, recopilando datos para analizar su impacto; y la fase de análisis evalúa la efectividad mediante evaluaciones y entrevistas, ajustando el enfoque según los resultados. Este método permite una adaptación continua, similar al método científico, para optimizar el aprendizaje (López y Anido, 2014).

X. EL DISEÑO DE NUESTRO ESTUDIO

Se basa en enfoques correlacional y explicativo. Según Hernandez et al. (2010), el enfoque correlacional se centra en examinar la relación entre variables dentro de un contexto determinado, lo que facilita entender cómo una variable puede afectar a otras. Por otro lado, el enfoque explicativo tiene como objetivo identificar las causas de los fenómenos, ya sean físicos o sociales, investigando las condiciones en las que ocurren y las interacciones entre variables. Este enfoque proporciona una comprensión más profunda y detallada del fenómeno en estudio.

XI. LA POBLACIÓN A ESTUDIAR

La investigación se llevó a cabo en la Preparatoria Número 1 del Estado de Chiapas, una institución ubicada en una zona urbana con diversas distracciones como centros comerciales, bares y conflictos entre estudiantes de diferentes escuelas. La población estudiada estuvo formada por 156 estudiantes de entre 16 y 17 años, distribuidos en grupos del área de fisicomatemáticas y química biológica. El muestreo utilizado fue aleatorio, seleccionando un grupo experimental y dos grupos de control. Aproximadamente el 76% de los estudiantes proviene de sectores de bajos ingresos, mientras que el resto pertenece a la clase media y alta. Este contexto social influye en el entorno académico y en los recursos disponibles, ya que, a pesar de contar con servicios básicos, la escuela ha sido catalogada como urbana marginal debido a la falta de mobiliario adecuado y laboratorios mal equipados.

XII. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para obtener información de los grupos de control, se les realizó una entrevista compuesta por 10 preguntas, tales como: ¿Qué tipo de actividades o experimentos has realizado en clase sobre el campo eléctrico? ¿Qué materiales o recursos utilizó tu profesor para enseñarte sobre el campo eléctrico (simulaciones, videos, diagramas)? ¿Cómo abordó tu profesor la relación entre campo eléctrico y carga eléctrica? Además, se revisaron las notas de los estudiantes y se observó la metodología de enseñanza de los profesores. Para el grupo experimental, se llevó a cabo una actividad diagnóstica, siguiendo los cuatro pasos propuestos por Polya (1957) para la evaluación diagnóstica. Los resultados de los estudiantes en la resolución de problemas se evaluaron mediante un cuestionario basado en la escala de Likert. Posteriormente, se diseñó una actividad didáctica que involucraba la realización de experimentos y cuestionamientos, registrando los resultados en una hoja de Excel, donde se anotaron las preguntas en las columnas y los nombres de los participantes en las filas, marcando con un "1" las respuestas correctas y dejando en blanco las incorrectas.

XIII. PROCEDIMIENTO PARA FAVORECER EL APRENDIZAJE

Para el grupo experimental se seleccionó un grupo de 25 alumnos del área de físicos matemáticos, y de la misma área otros 25 designados como de control, el cual este grupo siguió con las clases expositivas, sin usar tecnología. La propuesta para promover el aprendizaje de los estudiantes del grupo experimental se dividió en dos fases. La primera involucra la interacción con prototipos eléctricos experimentales, mientras que la segunda se centra en una actividad educativa utilizando la plataforma PhET. Estas actividades se desarrollaron a partir de las observaciones previas obtenidas en el diagnóstico y están alineadas con la metodología empleada, en la que la *physlet de la ciencia* constituye la fase inicial. La enseñanza basada en actividades experimentales que fomentan el pensamiento crítico puede crear un entorno de aprendizaje significativo, lo que subraya la relevancia de la experimentación en la enseñanza de la física.

En la primera etapa, se seleccionaron prototipos eléctricos contruidos con materiales fácilmente accesibles, como latas de aluminio, tubos de PVC, acetatos y diversos tipos de tela (franela, algodón, lino, seda), acompañados de preguntas similares a las de la plataforma PhysPort. Los experimentos recibieron los nombres de "lata rodante", "electroscopio", "Generador Van de Graaff" y "burbuja bailarina".

En la segunda fase, se integraron los experimentos físicos con simulaciones virtuales. Siguiendo lo señalado por Rodríguez y Llovera (2014), y lo respaldado por nuestra investigación, los modelos virtuales no reemplazan los experimentos reales, sino que los complementan. Dado que los laboratorios tradicionales suelen enfrentar limitaciones económicas y de equipamiento, los laboratorios virtuales ofrecen una alternativa que supera esas restricciones (Bonin et al., 2013). Para esta fase, se optó por la simulación *PhET* "globos y electricidad estática" y "*Cargas y Campos*", que es accesible tanto para estudiantes como para docentes y no tiene costo. Las actividades con la aplicación Physlet se estructuraron en cuatro etapas: A-1: Conociendo las cargas eléctricas, A-2: Comprendiendo el comportamiento de las cargas eléctricas y elaborando una definición de carga eléctrica, A-3: Dirección de las líneas de campo eléctrico, y A-4: Medición del campo eléctrico.

XIV. ANÁLISIS DE DATOS

Las entrevistas realizadas a los grupos de control revelaron que, aunque los profesores —uno con varios años de experiencia y otro en sus primeras etapas de docencia— emplean una metodología expositiva, ambos ocasionalmente realizan experimentos, pero ninguno utiliza aplicaciones o software en sus clases. Para la sección diagnóstica los resultados fueron los que se muestran en la TABLA I:

TABLA I. Porcentajes de los resultados de la prueba diagnóstica del grupo experimental de acuerdo a Polya (1957).

Entienden el problema	45 %
Elaborar una estrategia de solución del problema	36 %
Llevaron un plan de resolución del problema	20 %
Verificar y evaluar	5 %

Lo anterior demuestra que los estudiantes no utilizan procedimientos científicos para resolver problemas de física, sino que recurren a operaciones numéricas básicas, lo que genera resultados poco satisfactorios. Se identificaron deficiencias en la comprensión teórica, tanto antes como después de la instrucción formal, y dificultades para aplicar los principios aprendidos en problemas cuantitativos. Durante las actividades, predominaron enfoques como el método "plug-and-chug" (sustitución directa de variables), estrategias basadas en la memorización y métodos poco claros. Ningún alumno realizó un análisis cualitativo para explicar la situación física mediante conceptos teóricos y se limitaron

a relacionar los problemas con ejemplos resueltos. Factores como la enseñanza tradicional, ansiedad, desinterés, bajo nivel académico y falta de conocimientos matemáticos contribuyen al bajo desempeño en la resolución de problemas.

Durante la etapa experimental, los alumnos realizaron con éxito actividades como la lata rodante (ver figura 4), la burbuja bailarina (figura 5) el electroscopio, y el Generador de Van Der Graaff sin experimentar mayores inconvenientes. Sin embargo, enfrentaron algunos problemas al ensamblar el generador Van de Graaff, atribuibles a la carencia de herramientas apropiadas y destrezas técnicas.



FIGURA 4. Estudiantes manipulando la lata rodante, fuente propia.



FIGURA 5. Experimentando con la burbuja bailarina, esta actividad se realizó con la finalidad de explicar la jaula de Faraday, fuente propia.



Figura 6. Experimentando con el Generador Van Der Graaff, fuente propia.

Para el análisis de los datos en nuestra investigación, nos basamos en las directrices establecidas por diversos autores como (Hake, 1998; Sanchez et al., 2014; Sandoval et al., 2017; Castañeda, 2018). En este contexto, se utilizó un indicador estadístico clave: la ganancia de Hake (g) (ver TABLA II). Este indicador permitió evaluar las mejoras en el aprendizaje de los estudiantes al comparar los resultados obtenidos en dos momentos clave, el pretest y el post-test, dentro del marco de un curso de física diseñado bajo una metodología didáctica específica.

TABLA II. Resultados del pretest

Grupo	# Alumnos	# Ítems	# Ítems correctos	Pretest %	# Ítems correctos	Post-test %	Ganancia
Exp	25	550	114	20.72	416	75.63	0.6926
Ctl	25	550	91	16.54	197	35.81	0.2309

A partir de los resultados de la TABLA II, se observa que el grupo experimental obtuvo una ganancia de Hake de $g = 0.6926$, considerada alta, ya que valores superiores a 0.70 suelen reflejar un aprendizaje significativo. Esto evidencia que la intervención implementada tuvo un impacto considerable en la mejora del rendimiento de los estudiantes, mostrando que la estrategia aplicada fue muy efectiva para facilitar el aprendizaje. En contraste, el grupo de control obtuvo una ganancia de Hake de $g = 0.2309$, lo que indica que, sin la intervención experimental, los estudiantes no lograron mejorar significativamente su desempeño. Este resultado es típico en grupos donde no se emplean métodos de enseñanza innovadores o estrategias específicas para potenciar el aprendizaje.

La diferencia en las ganancias entre ambos grupos fue de 0.4617, lo que demuestra que el grupo experimental logró una mejora sustancialmente mayor en comparación con el grupo de control. Este incremento puede atribuirse directamente a la intervención, considerando que ambos grupos iniciaron con niveles similares en el pretest (grupo experimental: 20.72; grupo de control: 16.54). Además, la diferencia en los resultados del post-test (75.63 vs. 35.81) refuerza la conclusión de que los estudiantes del grupo experimental lograron un aprendizaje notablemente superior gracias al tratamiento recibido. En síntesis, la intervención aplicada al grupo experimental fue altamente efectiva, como lo confirma su elevada ganancia de Hake. Por el contrario, la mejora marginal en el grupo de control respalda la idea de que las estrategias didácticas innovadoras y dirigidas tienen un impacto positivo significativo en el aprendizaje.

Para validar la hipótesis, se siguió un procedimiento específico que incluyó, como primer paso, un análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, dado que la muestra estaba compuesta por menos de 30 individuos (ver TABLA III).

TABLA III. Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pretestExp	.164	25	.083	.943	25	.178
Post-testExp	.134	25	.200*	.904	25	.022

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Para evaluar la efectividad de la actividad didáctica, se realizó la comprobación de la hipótesis planteada al inicio de la investigación. Para garantizar la validez de los resultados, se utilizó un nivel de confianza del 95% y un margen de error de $\alpha = 0.05$. El análisis comparativo se enfocó en los datos recopilados de los estudiantes en dos momentos clave: antes y después de la intervención didáctica. La variable analizada correspondió al número de ítems correctos obtenidos por cada participante. Los criterios empleados para la prueba de normalidad fueron los siguientes:

- Si el p-valor es $> \alpha$, se acepta H_0 , lo que indica que los datos provienen de una distribución normal.
- Si el p-valor es $\leq \alpha$, se acepta H_1 , señalando que los datos no siguen una distribución normal.

Los datos se analizaron utilizando el software de IBM SPSS Statistics, lo que se evaluó fue la normalidad de los datos obtenidos en un pretest y un post-test utilizando la prueba de Shapiro-Wilk. A continuación, se presentan los resultados obtenidos y su interpretación.

1. Pretest:

- Estadístico de Shapiro-Wilk: **0.943**

- Grados de libertad (gl): **25**
- Significancia (Sig.): **0.178**

El valor de significancia obtenido fue $p = 0.178$, superior al umbral de 0.05. Esto indica que los datos del pretest no presentan evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Por lo tanto, se asume que los datos del pretest tienen una distribución normal.

2. Post-test:

- Estadístico de Shapiro-Wilk: **0.904**
- Grados de libertad (gl): **25**
- Significancia (Sig): **0.022**

El valor de significancia obtenido fue $p = 0.022$, inferior al umbral de 0.05. Esto implica que los datos del post-test presentan evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, sugiriendo que los datos no siguen una distribución normal.

Los datos del **pretest** cumplen con el supuesto de normalidad, por lo que pueden ser analizados con pruebas paramétricas si los demás supuestos estadísticos también se satisfacen. Los datos del post-test, en cambio, no cumplen con el supuesto de normalidad, lo que sugiere que podría ser más adecuado emplear pruebas no paramétricas para su análisis.

Tras determinar que los datos del post-test no seguían una distribución normal (según la prueba de Shapiro-Wilk), se utilizó la prueba de Wilconxon (ver TABLA IV) para analizar las diferencias entre los resultados del pretest y el post-test. La prueba de Wilconxon es una herramienta no paramétrica que evalúa si las diferencias en las puntuaciones entre dos mediciones relacionadas son significativas.

TABLA IV. Estadísticos de prueba^a no paramétrica, Wilconxon

	Post-Test Exp pretestExp
Z	-4.388 ^b
Sig. asin. (bilateral)	<.001
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos negativos.	

La tabla anterior se analiza de la siguiente forma: El valor de Z indica la magnitud y dirección de las diferencias en las puntuaciones. Un valor negativo sugiere que, en promedio, las puntuaciones del post-test son menores que las del pretest. Sin embargo, para determinar la significancia de estas diferencias, debemos enfocarnos en el valor p. La Significancia (p), es decir, el valor de $p < 0.001$ es mucho menor que el nivel de significancia estándar ($\alpha = 0.05$). Esto indica que las diferencias observadas entre el pretest y el post-test son estadísticamente significativas. En términos prácticos, hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula H_0 , que asume que no hay diferencia significativa entre las puntuaciones del pretest y el post-test.

El análisis de la prueba de Wilconxon muestra que existe una diferencia significativa entre los resultados del pretest y el post-test. Esto respalda la idea de que la intervención educativa o tratamiento aplicado tuvo un efecto notable en las puntuaciones. Es importante considerar que, aunque el estadístico Z no es extremadamente grande en magnitud, el nivel de significancia indica que las diferencias son consistentes y no se deben al azar. Por lo tanto, estos resultados podrían tener implicaciones prácticas y pedagógicas.

Por lo que nuestra hipótesis a considerar es H_1 , que establece el uso de prototipos en ambientes eléctricos y la implementación de una physlet para facilitar la adquisición de conocimientos sobre el campo eléctrico de forma lúdica, interactiva y contextualizada. En la figura 7, se presenta el histograma con su curva normalizada, donde podemos leer que hay 24 de los 25 alumnos con más de 14 aciertos en la actividad didáctica. El único alumno que no logro superar la media de los ítems correctos, fue entrevistado, donde este argumento no gustarle la física ni el uso de tecnología.

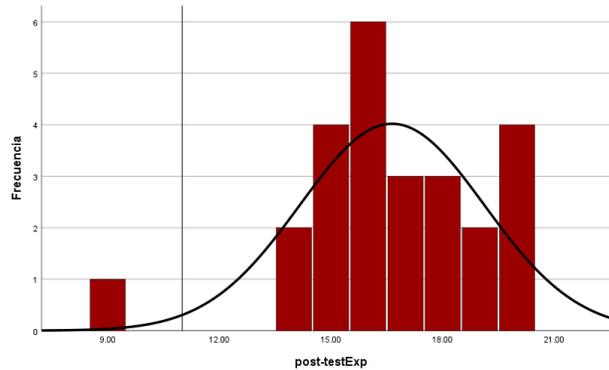


FIGURA 7. Histograma con su curva normalizada elaborada con el software de IBM SPS Statistics.

A continuación se muestra en la TABLA V algunos de los parámetros estadísticos antes y después de haber aplicado la actividad didáctica.

TABLA VG. Descriptivos del grupo experimental.

		Estadístico	Error estándar
pretestExp	Media	4.5600	.25219
	Mediana	5.0000	
	Varianza	1.590	
	Desv. estándar	1.26095	
Post-testExp	Media	16.6400	.49625
	Mediana	16.0000	
	Varianza	6.157	
	Desv. estándar	2.48126	

El desempeño inicial del grupo experimental fue bajo y homogéneo, lo que significa que los estudiantes tenían niveles similares de conocimiento antes de la intervención. Después de la intervención, los puntajes del grupo experimental aumentaron significativamente, pero con mayor dispersión. Esto puede deberse a que algunos estudiantes lograron mejorar más que otros. El aumento de 4.56 a 16.64 en la media representa una mejora notable en el rendimiento del grupo experimental tras la intervención. La varianza pasó de 1.591.59 en el pretest a 6.166.16 en el post-test, lo que indica que, aunque la mayoría mejoró, la intervención tuvo efectos variados en los estudiantes. Tanto la media como la mediana muestran una mejora consistente, sugiriendo que la intervención fue efectiva para la mayoría de los participantes. El aumento de la desviación estándar sugiere que algunos estudiantes mejoraron significativamente más que otros, posiblemente debido a diferencias individuales en el aprendizaje. Los resultados muestran una mejora significativa en el rendimiento promedio del grupo experimental tras la intervención, con un incremento notable en los puntajes del post-test.

La dimensión emocional no debe desvincularse de la cognitiva, por lo que nuestra metodología de investigación incluye el análisis de este aspecto. Para ello, se emplearon tablas Likert, que permitieron obtener un panorama general sobre las emociones de los estudiantes, complementadas con observaciones realizadas durante la resolución de la actividad didáctica. Los resultados muestran que los estudiantes que lograban realizar los experimentos exitosamente expresaban emociones positivas, como alegría, mientras que aquellos con dificultades experimentaban emociones

negativas, como desesperación, frustración e incluso enojo. Estas emociones negativas pueden atribuirse a una falta de comprensión previa sobre el fenómeno físico en estudio.

XV. CONCLUSIONES

Este estudio resalta la importancia de transformar la enseñanza tradicional del campo eléctrico, pasando de un enfoque abstracto y teórico a uno práctico, interactivo y significativo. A través de actividades didácticas innovadoras, como la construcción de prototipos eléctricos y el uso de physlets, se logra integrar la manipulación de objetos físicos con simulaciones virtuales, lo que favorece una comprensión más profunda del concepto. Esta metodología no solo optimiza la enseñanza, sino que también reduce costos al disminuir la dependencia de materiales de laboratorio.

El uso de herramientas digitales accesibles como las physlets de PhET promueve un aprendizaje activo, alineado con los principios del MCCEMS y la NEM, que vincula los conceptos científicos con el contexto social de los estudiantes. Además, fomenta el interés por la física y desarrolla competencias científicas integrales, incorporando aspectos **cognitivos y socioafectivos**.

A pesar de los resultados positivos, se reconoce la necesidad de explorar tecnologías complementarias, como la realidad virtual, para enriquecer aún más las experiencias de aprendizaje. Esta investigación sugiere que combinar la experimentación práctica con tecnologías digitales no solo mejora la comprensión del campo eléctrico, sino que también ofrece una alternativa pedagógica eficaz, adaptada a los desafíos educativos contemporáneos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la participación de los estudiantes de la Escuela Preparatoria No. 1 del Estado de Tuxtla Gutiérrez Chiapas.

REFERENCIAS

- Albarracín, R., & 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), 3308_1-3308_11.
- Alzugaray, G., Massa, M., y Moreira, M. (2014). La potencialidad de las simulaciones de campo eléctrico desde la perspectiva de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud. *Latin American Journal of Physics Education*, 8(1), 91-99.
- Artigue, M. (1992). Didactical design and the theory of didactic situations. *Educational Studies in Mathematics*, 23(2), 109-136. <https://doi.org/10.1007/BF00302416>
- Barcos, H., Rojas, E., y Restrepo, E. (2012). *Física: Principios de electricidad y magnetismo*. Colombia.
- Becerra, D., Mora, C., Ordóñez, A., y Sánchez, R. (2016). Enseñanza de la Ley de Ohm utilizando laboratorios virtuales con estudiantes de ingenierías de la Universidad Antonio Nariño. *Latin American Journal of Physics Education*, 10(4), 43041-43044.
- Bonnin, A., Fariñas, B., Rodríguez, A., Llerena, J., y Llovera, J. (2013). Simulaciones virtuales como complemento de las clases y los laboratorios de Física: Ejemplos en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. *Latin American Journal of Physics Education*, 7(4), 669-673.

- Boylestad, R., y Nashelsky, L. (2009). *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Pearson Education.
- Cabero, J., Roig-Vila, R., & Mengual, S. (2017). Technological, pedagogical, and content knowledge of future teachers according to the TPACK model. *Digital Education Review*, 32, 73-84. <http://greav.ub.edu/der/>
- Castañeda, J., Carmona, L., y Mesa, F. (2018). Determinación de la ganancia en el aprendizaje de la cinemática lineal mediante el uso de métodos gráficos con estudiantes de ingeniería en la Universidad de Caldas. *Scientia et Technica*, 23(1), 99-100.
- CONALITEG (2024). Recuperado el 1 de septiembre de 2024, de <http://libros.conaliteg.gob.mx>
- Córdova, E. (2017). *La carga eléctrica*. Recuperado de https://www.academia.edu/34865984/Capítulo_1_La_carga_eléctrica_1.1_Introducción
- Dean, V., De Caro, A., y Lagomarsino, M. (2013). El modelo TPACK como buena práctica para integrar las TIC en la educación a distancia. Recuperado el 20 de marzo de 2018, de <https://campus.unimoron.edu.ar/mod/resource/view.php?id=73223>
- Fonseca, M., Hurtado, A., Lombana, C., y Ocaña, O. (2006). La simulación y el experimento como opciones didácticas integradas para la conceptualización en física. *Revista Colombiana de Física*, 38(2), 707-710.
- Fuentes, J., Cáceres, D., Rodríguez, E., Sánchez, L., y Calzadilla, O. (2013). El uso del wiki en la enseñanza de la Física. *Latin American Journal Physic Education*, 7(4), 659-661.
- García-Carmona, A. (2014). Naturaleza de la ciencia en noticias científicas de la prensa: análisis del contenido y potencialidades didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 493-509. ISSN: 0212-4521 (impreso), 2174-6486 (digital).
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1).
- Halliday, D., Resnick, R., & Krane, K. (1999). *Física* (Vol. 2). México: Compañía Editorial Continental.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V.
- Hestenes, D. (1996). *Modelar la metodología para los maestros de física*. Recuperado el 27 de marzo de 2018, de <http://modeling.asu.edu/R&E/ModelingMeth-jul98.pdf>
- Llancaqueo, A., Caballero, M., y Moreira, M. (2003). The concept of field in physics learning and in research in science education. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(3).
- Llamas, L. (2015). *Física II*. México: Secretaría de Educación Pública.
- Lozano, R. (2011). De las TIC a las TAC: Tecnologías del aprendizaje y del conocimiento. *Anuario Think EPI*, 5, 45-47.
- Massons, J., Camps, J., Cabré, R., Ruiz, X., y Díaz, F. (1993). Electrostática y EAO: Una experiencia de simulación. *Enseñanza de las Ciencias*, (2), 179-183.
- Matthews, R. M. (2017). *La enseñanza de la ciencia*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Meisner, G., Hoffman, H., & Turner, M. (2008). Learning physics in a virtual environment: Is there any? *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 3(1), 87-102.

Meza, G. (2012). *Diseño y construcción de prototipos con materiales de fácil adquisición para el aprendizaje activo del campo eléctrico y magnético estacionario en el nivel medio superior*. Tesis de maestría no publicada, Departamento de Física Educativa, CICATA-IPN, México.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.

Moya, M. (2013). De las TICs a las TACs: La importancia de crear contenidos educativos digitales. *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia*, (27). <http://www.pangea.org/dim/revista27.htm>

Orozco, J. (2012). El aprendizaje activo de la Física en los cursos en línea del IPN. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 4(7). <http://bdistancia.ecoesad.org.mx/?articulo=elaprendizaje-activo-de-la-fisica-en-los-cursos-en-linea-del-ipn>

Plata, O. (2014). *Enseñanza del concepto de campo en la interacción gravitacional: Un acercamiento al cambio conceptual*. Tesis de licenciatura, Colombia: Universidad de Antioquia.

Polya, G. (1957). *Cómo resolverlo* (2ª ed.). Princeton University Press.

Poveda, G. (2003). La electricidad antes de Faraday: Parte 1. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (30), 130-147. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=430/43003013>

Pujalte, A. P., Bonan, L., Porro, S., y Adúriz-Bravo, A. (2014). Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(3), 535-548. <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000300002>

Ramírez, M. H. (2017). Clases demostrativas interactivas para la formación de profesores en línea. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 55(3). <http://www.um.es/ead/red/55/ramirez.pdf>

Raviolo, A., Álvarez, M., y Aguilar, A. (2011). La hoja de cálculo en la enseñanza de la física: Re-creando simulaciones. *Revista de la Enseñanza de la Física*, 24(1), 97-107.

Rooney, A. (2013). *La historia de la Física: De la filosofía natural al enigma de la materia oscura*. Grupo Editorial Tomo.

Rodríguez, D., y Llovera, J. (2014). Estrategias de enseñanza en el laboratorio docente de Física para estudiantes de ingeniería. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32(4), 4504-1 a 4504-8.

Ruiz, J., Mora, C., y Álvarez, N. (2011). Una propuesta didáctica para la formación integral en los estudiantes de física del Nivel Medio Superior de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. *Latin American Journal of Physics Education*, 5(1), 285-292.

Ruiz, R. (2015). *Laboratorios virtuales: Algodoos como aplicación docente*. Universidad de Cantabria.

Sánchez, R., Mora, C., y Velázquez, L. (2014). Aprendizaje activo de la física para estudiantes de ingeniería en la CDMX. *Latin American Journal of Science Education*, 1, 12021-1 a 12021-8.

Sánchez, R. (2017). Propuesta didáctica de aprendizaje del movimiento de un proyectil con simulación PhET y aprendizaje activo para estudiantes de nivel medio superior. *Latin American Journal of Physics Education*, 11(2), 23301-23303.

Sandoval, M., García, M., Mora, C., y Suárez, C. (2017). Estrategia enseñanza-aprendizaje basada en experimentos (ABE) para mejorar la comprensión de gráficas en cinemática. *Latin American Journal of Physics Education*, 11(3), 3307-1 a 3307-8.

Serway, R., y Jewett, J. (2017). *Electricidad y magnetismo*. CENGAGE Learning.

Talero, P. (2011). Book reviews: Experimentos virtuales de física. Mecánica. *Latin-American Journal of Physics Education*, 5(2), 591.

Tippens, P. (2011). *Física, conceptos y aplicaciones* (7.^a ed.). McGraw-Hill.