

Enseñanza del Campo Eléctrico en Educación Media Superior: Actividad Didáctica Integrada con Experimentos y Physlet



ISSN 1870-9095

Edgar Javier Morales Velasco^{1,2}, César Mora²

¹Escuela preparatoria No. 1 del Estado de Chiapas
y Universidad Autónoma de Chiapas, México.

²Centro de Investigación en Ciencias Aplicadas y Tecnología Avanzada Unidad
Legaria del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.

E-mail: edgarmvdj@hotmail.mx

(Recibido el 4 de octubre de 2024, aceptado el 31 de enero de 2025)

Resumen

Este trabajo de investigación se basa en la observación del fenómeno que ocurre en el aula cuando los estudiantes no logran comprender el concepto de campo eléctrico. Este fenómeno ha sido estudiado a lo largo de la historia, con registros que se remontan a Tales de Mileto. Hoy en día, esta problemática en el contexto escolar se atribuye a diversos factores pedagógicos, incluyendo la enseñanza tradicional. Por lo tanto, nuestra investigación propone el uso de experimentos junto con un physlet para mejorar la enseñanza del campo eléctrico por parte de los profesores de física y facilitar aprendizajes significativos en los estudiantes de nivel medio superior, ya que este conocimiento es relevante en muchas actividades humanas. Para alcanzar nuestro objetivo, utilizamos como marco teórico las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC). Además, diseñamos una metodología de investigación basada en el método científico y la ingeniería didáctica, la cual denominamos "Physlet de la Ciencia".

Palabras clave: Campo Eléctrico, TAC, experimentos, physlet.

Abstract

This research work is based on observing the phenomenon that occurs in the classroom when students fail to understand the concept of the electric field. This phenomenon has been studied throughout history, with records dating back to Thales of Miletus. Nowadays, this issue in the educational context is attributed to various pedagogical factors, including traditional teaching methods. Therefore, our research proposes the use of experiments along with a physlet to enhance the teaching of the electric field by physics teachers and facilitate meaningful learning among upper secondary level students, as this knowledge is relevant in many human activities. To achieve our objective, we used Technologies for Learning and Knowledge (TLK) as the theoretical framework. Additionally, we designed a research methodology based on the scientific method and didactic engineering, which we called "Science Physlet."

Keywords: Electric Field, TAC, experiments, physlet.

I. LA PROBLEMÁTICA DEL CAMPO ELÉCTRICO EN EL CONTEXTO ESCOLAR

El estudio de la electricidad revela la importancia de transmitir este conocimiento en el contexto escolar para evitar ambigüedades y mejorar la enseñanza. Según [1], existen evidencias de conocimiento sobre la electricidad en civilizaciones antiguas como la mesopotámica y la egipcia, donde se encontraron pararrayos que datan del año 2200 a.C. y 1300 a.C., respectivamente. Tales en el 600 a.C. descubrió la electricidad estática al observar que el ámbar frotado atraía objetos ligeros [2, 3, 4]. Girolamo Cardano, en 1550, publicó observaciones sobre las diferencias entre el ámbar y la magnetita [5]. William Gilbert, en su libro *De Magnete*, describió cómo las fuerzas eléctricas y magnéticas eran diferentes y cómo el campo magnético podía actuar sobre objetos cercanos o lejanos, lo que sentó las bases para el concepto moderno de campo [6]. Gilbert también introdujo el término "eléctrico" para describir cuerpos que

se atraen al ser frotados, diferenciando entre fuerzas eléctricas y magnéticas [6].

Thomas Browne, en 1646, fue el primero en observar la repulsión eléctrica, introduciendo el concepto de carga eléctrica [6]. Otto Von Guericke diseñó la máquina electrostática por primera vez en 1663, observando la electrificación por roce y asociando la propiedad conservativa con la electricidad [5, 7]. En 1973, Charles François de Cisternay du Fay, formuló la teoría de dos tipos de fluidos eléctricos: la electricidad resinosa y la electricidad vítreas, las cuales se neutralizan entre sí cuando se combinan [5, 7]. Benjamín Franklin propuso conceptos como electricidad negativa y positiva, y observó que un cuerpo cargado se descarga más rápido si termina en punta, estableciendo el principio de conservación de la carga eléctrica [5, 7]. Stephen Gray, en 1729, describió experimentos sobre la atracción y repulsión de objetos por tubos de vidrio frotados, contribuyendo al enfoque de los campos eléctricos [1, 8]. Alessandro Volta inventó el

"electróforo perpetuo" en 1775 y la pila en 1800, estableciendo principios de inducción electrostática y almacenamiento de cargas [1, 8]. Michael Faraday, en el siglo XIX, desarrolló el concepto del campo eléctrico, sugiriendo que el espacio alrededor de una carga eléctrica se ve afectado por su presencia, utilizando líneas de fuerza para representar el campo [2, 4]. Las investigaciones de Faraday y Maxwell permitieron describir fenómenos eléctricos como la ley de Coulomb y desarrollar leyes más completas que estudian la variación de los campos eléctricos [4, 9].

En el contexto escolar, el estudio del campo eléctrico no se desarrolla de la misma manera que a lo largo de la historia. En nuestros 15 años de experiencia como docentes de Física en la Escuela Preparatoria No. 1 del Estado de Chiapas, hemos observado dificultades en el aprendizaje de este tema entre los estudiantes de las áreas de fisicomatemáticas y químico biólogos. Este contenido, correspondiente a la materia de Física III (electrostática), se imparte en el quinto semestre de las escuelas preparatorias y se retomará en la progresión 7 de la materia de Energía en los Procesos de la Vida durante el sexto semestre, conforme a la implementación de la Nueva Escuela Mexicana (NEM). El aprendizaje de este conocimiento es fundamental, ya que sirve como base para estudios posteriores en las asignaturas de electromagnetismo y óptica en los niveles de Educación Media Superior y Educación Superior. Las dificultades en el aprendizaje del campo eléctrico se deben a diversos factores, tales como:

a) Hemos notado que los estudiantes no conectan el concepto de campo eléctrico con su contexto social, viendo la física como una materia que solo necesita ser aprobada. Aprender sobre el campo eléctrico se percibe como una tarea difícil para los estudiantes, ya que la física en general es vista como una disciplina estricta y formal. Esta percepción lleva al rechazo de su estudio y a un ambiente de desmotivación.

b) Aunque se han implementado nuevas modificaciones según la reforma educativa de la educación media superior (RIEMS), los libros de texto utilizados no facilitan el aprendizaje del campo eléctrico. Podemos mencionar algunos de estos libros como los de [10, 11, 12], presentan la teoría y al final de cada tema o capítulo sugieren la solución de una serie de ejercicios como actividades de aprendizaje (figura 1).

c) Las prácticas experimentales realizadas en el laboratorio están descontextualizadas de lo abordado en clases y carecen del material necesario. Según [13], la falta de equipamiento, la ausencia de instructores de laboratorio adecuadamente capacitados y la carencia de laboratorios son algunas de las razones por las que tanto estudiantes como profesores clasifican los laboratorios introductorios de manera deficiente. El apoyo de la tecnología permite recrear virtualmente experimentos, lo que puede ahorrar costos y verificarse en la realidad.

d) Los métodos de enseñanza empleados por los profesores, en lugar de facilitar, dificultan aún más el proceso de aprendizaje. La mayoría de los profesores usa el pizarrón o el proyector para presentar los temas, dejando los ejercicios de práctica enfocados en una enseñanza

tradicional y algorítmica de procesos matemáticos para resolver ejercicios del campo eléctrico. Esto lleva a que los estudiantes se centren en la misma rutina y pierdan interés debido a la falta de creatividad en la implementación de nuevas formas de enseñanza-aprendizaje.



2. Resuelve los siguientes problemas.

- Una carga eléctrica de 300 mC se coloca en un punto Q en un campo eléctrico y experimenta una fuerza de 0.003 N. ¿Cuál es la intensidad del campo eléctrico?
- Una carga de 6 μC produce una intensidad del campo eléctrico de 120000 N/C, ¿a qué distancia se encuentra de la carga de prueba?
- Determina la magnitud de la fuerza de una carga de $q = 60 \text{ nC}$ que produce intensidad del campo eléctrico de 50000 N/C.

FIGURA 1. Portada del libro de Física II para bachillerato de [12], ejercicios propuestos al final del tema como actividades de aprendizaje.

e) Los profesores no cuentan con los conocimientos necesarios para diseñar actividades didácticas apropiadas para el aprendizaje de los estudiantes, ya que muchos no tienen el perfil adecuado. La mayoría son egresados de diversas carreras como ingenierías y licenciaturas en física, sin formación pedagógica. Además, no se enfocan en enseñar la utilidad de la física en diferentes contextos como una herramienta para comprender el entorno del alumno y resolver problemas concretos, no solo abstractos.

f) La enseñanza más utilizada por los profesores es la de "analogías". Se presentan a los estudiantes los problemas del campo eléctrico y su resolución de forma convencional, para que estas técnicas abstractas sirvan de guía en las actividades finales de los capítulos del libro. Brousseau (1986) llama a esto fenómenos didácticos, refiriéndose al abuso de la "analogía", donde el alumno no puede resolver problemas por sí mismo, sino que imita al profesor sin obtener un aprendizaje significativo. Al ser simplemente imitadores y memorizar cómo resolver problemas del campo eléctrico, los estudiantes los olvidan a corto plazo. Según [14], en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física, el estudiante no debe ser un mero reproductor de la explicación del docente, sino integrar los conocimientos adquiridos con su cultura general, combinando lo cognitivo

y lo axiológico. Para lograr este objetivo, es necesario aplicar dinámicas diferentes a las utilizadas habitualmente.

II. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Argumentamos que la física tiene un amplio uso en todas las ciencias, tanto sociales como naturales, y en la vida diaria, lo que la hace esencial en los sistemas educativos. Los temas de la electrostática, como la fuerza eléctrica, los circuitos eléctricos, los conductores en equilibrio electrostático y los campos eléctricos, tienen múltiples aplicaciones en la sociedad de Chiapas y en el mundo.

Creemos que la "Enseñanza del Campo Eléctrico en Educación Media Superior mediante una actividad didáctica con el apoyo de experimentos y una physlet" puede facilitar el aprendizaje del campo eléctrico en los estudiantes. Utilizando la physlet, los alumnos pueden realizar experimentos virtuales y analizar comportamientos del campo eléctrico que no se pueden observar a simple vista.

Reconocemos que los estudiantes pueden mejorar su aprendizaje al estimular su curiosidad y participar en actividades experimentales, lúdicas, visuales y auditivas. Estas experiencias fomentan una mejor disposición para adquirir nuevos conocimientos, actitudes y valores.

El propósito de nuestra investigación es mejorar el aprendizaje del campo eléctrico en estudiantes de nivel medio superior. Para ello, nos planteamos como objetivo general diseñar una actividad didáctica que incluya una serie de ejercicios para realizar experimentos en contextos eléctricos y el uso de una physlet, facilitando así la comprensión del campo eléctrico. De acuerdo con la problemática en la enseñanza del campo eléctrico, formulamos las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo favorece la manipulación de una physlet y los experimentos en contextos eléctricos el aprendizaje del campo eléctrico en estudiantes de nivel medio superior? ¿Qué experimentos eléctricos y physlet son adecuados para aprender el tema del campo eléctrico?

III. HIPÓTESIS

Con base en lo anterior, nuestra propuesta con este trabajo de investigación plantea las siguientes hipótesis.

H0: "Los experimentos en contextos eléctricos y el uso de una physlet no permitirán que el alumno aprenda el tema de campo eléctrico de manera lúdica, interactiva y contextualizada."

H1: "Los experimentos en contextos eléctricos y el uso de una physlet permitirán que el alumno aprenda el tema de campo eléctrico de manera lúdica, interactiva y contextualizada."

IV. MARCO TEÓRICO PARA LA ENSEÑANZA DEL CAMPO ELÉCTRICO

Nuestro trabajo de investigación se sustenta en el uso de la tecnología para la enseñanza de la física. Partimos de la premisa de que actualmente existe un sistema deficiente

para la enseñanza del campo eléctrico, ya que se lleva a cabo a través de clases expositivas y discursos tradicionales. Sin embargo, la enseñanza de la física está cambiando con la incorporación de tecnologías. Este cambio permite a los estudiantes diseñar y construir modelos, y hacer un uso adecuado de actividades que fomenten su aprendizaje de la física con el apoyo de las tecnologías. Por tanto, coincidimos en el uso de entornos virtuales de aprendizaje, como se indica en [13, 15].

Podemos mencionar como ejemplo el software LabPhysics, que utiliza la pedagogía Modeling Workshop (participar, explorar, desarrollar, implementar y evaluar). Su visión es reformar la enseñanza de la física y llevar a los estudiantes a investigar patrones en el mundo físico o virtual. LabPhysics está orientado a un aprendizaje en un laboratorio virtual, siguiendo un enfoque integral que emula las mejores prácticas del laboratorio físico (compromiso, exploración, explicación, elaboración y evaluación) [13, 16].

Hablar de tecnología en el contexto educativo nos lleva a señalar las Tecnologías del Aprendizaje y del Conocimiento (TAC). La gestión de estas tecnologías no se centra solo en acumular y gestionar información, sino en transformar esta información en conocimiento. Las tecnologías deben facilitar el acceso al conocimiento y su aprendizaje, como lo hacen las simulaciones PhET de la Universidad de Colorado.

Desde una perspectiva tecnológica y basada en teorías del aprendizaje constructivista, encontramos una metodología adecuada para nuestra propuesta de investigación, centrada en la tecnología educativa. Esta se basa en la formulación de [17], que destaca la relación entre el conocimiento disciplinar y pedagógico. Además, aborda el fenómeno emergente de los profesores que integran tecnología en su enseñanza, capturando las cualidades esenciales del conocimiento necesario para esta integración. A esto, [17] lo denominaron TPACK (Technological Pedagogical And Content Knowledge por sus siglas en inglés). El modelo TPACK enfatiza la importancia del conocimiento (K-Knowledge) sobre el contenido (C-Content), la pedagogía (P-Pedagogy) y la tecnología (T-Technology), así como las interrelaciones entre ellos [17, 18, 19].

Según [17], estas interrelaciones son las siguientes:

- Conocimiento Tecnológico Pedagógico (TPK): La combinación del conocimiento pedagógico y tecnológico, que implica saber utilizar las TAC en temas como el campo eléctrico. Esto incluye la implementación de planes que cambian el ritmo de la clase y el uso de tutoriales y materiales elaborados por el profesor. También abarca conocer las funciones y componentes de diversas tecnologías para su uso en la enseñanza y entender los cambios que ocurrirían en el aula al introducir estas tecnologías.

- Conocimiento Tecnológico del Contenido (TCK): La fusión del conocimiento tecnológico y del contenido, que consiste en relacionar los conocimientos tecnológicos para hacer un buen uso de ellos, como utilizar bases de datos y herramientas TIC adecuadas para el campo eléctrico.

- Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK): La unión del conocimiento pedagógico y del contenido, donde se conectan ideas y estrategias alternativas a la enseñanza clásica, transformando el enfoque del campo eléctrico para la enseñanza.

Cualquier docente debe tener conocimientos pedagógicos para impartir docencia, y al relacionar estos conocimientos se logra el TPACK. Este modelo permite seleccionar y manejar herramientas y recursos de la Web 2.0 para desarrollar contenidos en las aulas, requiriendo metodologías didácticas adecuadas. Esto implica conocer metodologías activas [20]. Se ha demostrado que fomentan el aprendizaje activo, mejorando el aprendizaje de la física [21], permitiendo al estudiante comparar sus creencias con las leyes físicas. Esto mejora el aprendizaje conceptual, mediante un enfoque constructivista, colaborativo y cooperativo, convirtiendo las aulas en espacios de aprendizaje compartido [20].

Para nuestra investigación, seleccionamos una physlet proporcionada por la plataforma de PhET. Aunque existen diversas plataformas virtuales desarrolladas para el aprendizaje de la física, como Algodoo, Orbit Explorer, Applet (o Physlet), Realidad Aumentada y Laboratorios Remotos (LR), elegimos PhET por su eficacia comprobada.

V. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Como metodología de investigación y contribución a la física educativa, y alineada con la tecnología, hemos desarrollado Physlet de la Ciencia (PC). Esta metodología sigue una estructura similar al método científico. Para llevar a cabo un proyecto de investigación, se utiliza el conocimiento científico en las áreas correspondientes, aunque el físico educativo debe trabajar con objetos más complejos que los simplificados de la ciencia como a los alumnos [22]. Esta metodología proporciona un mecanismo de validación interna que permitirá diseñar actividades didácticas. La Physlet de la Ciencia se enmarca en cuatro fases:

1. La primera fase marca el inicio de la investigación, retomando los elementos involucrados en el objeto de estudio problemático: observación, pregunta de investigación, hipótesis, epistemología del campo eléctrico, concepción del tópico en profesores y alumnos, libros de texto y uso de materiales para enseñar el campo eléctrico. Este punto de apoyo esencial proporciona información sobre cómo se aprende el concepto de "campo eléctrico" en la escuela, permitiendo analizar y controlar las variables didácticas.

2. La segunda fase de nuestra metodología de investigación implica la puesta en escena de la actividad didáctica. Aquí se desarrollan el diseño, la implementación de la tecnología pertinente, el material de apoyo, el tamaño de la población a investigar y un análisis previo (a priori) de los resultados esperados (a posteriori).

3. La tercera fase de la Physlet de la Ciencia se centra en la recopilación, análisis y evaluación de resultados. Si la actividad didáctica resulta inadecuada, se modifica el diseño y se repite la puesta en escena, es decir, retornamos a la fase

dos. A diferencia de la metodología científica tradicional, nuestra investigación incorpora la dimensión emocional de los estudiantes. Una actividad de aprendizaje no solo debe generar interés en el fenómeno estudiado, sino también despertar un interés duradero en los fenómenos físicos. La emoción es una "toma de conciencia del ser humano", abarcando dimensiones bio-psico-sociales, por lo que la conducta racional y la emocional deben considerarse componentes complementarios de la personalidad [23].

4. La última fase de la metodología Physlet de la Ciencia evalúa si se han logrado la hipótesis y las preguntas de investigación. Además, se realizan nuevas declaraciones prospectivas para la modificación y mejora de futuras investigaciones y de enseñanza.

VI. GANANCIA DE HAKE EN LA VALIDACIÓN DE LA ACTIVIDAD DIDÁCTICA

Es cierto que no podemos validar los resultados de otra manera, por lo que consideramos el trabajo de Hake, destacado en la medición del aprendizaje de los estudiantes. Para asegurar la veracidad de los resultados de nuestra investigación y validar la relevancia de nuestra propuesta de intervención educativa, nos basamos en la ganancia de Hake. En [24], se presentan estadísticas que balancean la evolución del aprendizaje de una población de estudiantes dividida en dos grupos, permitiéndonos determinar la efectividad de la metodología de enseñanza y aprendizaje en relación con el conocimiento inicial del estudiante.

La ganancia de Hake, conocida como ganancia de aprendizaje normalizada (g), se define como la relación entre el aumento en un pretest y un post-Test respecto al máximo posible. En [25], se menciona esta ganancia de aprendizaje como un parámetro clave, indicando que el factor h de Hake es un indicador estadístico de cuánto han aprendido los estudiantes en una clase de física dentro de una metodología de enseñanza determinada. Esta ganancia de aprendizaje se muestra a continuación.

$$g = \frac{\text{post-Test (\%)} - \text{pretest (\%)}}{100 - \text{pretest (\%)}}$$

Para el análisis de los resultados se consideran los siguientes criterios: si $g \leq 0.3$, se estima que las actividades realizadas tienen baja eficacia. Si la ganancia se encuentra en el rango de $0.3 < g \leq 0.7$ se indica que el aprendizaje es de nivel medio. Finalmente, si la ganancia es $g > 0.7$, se considera que el aprendizaje de los estudiantes es bastante significativo.

VII. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN Y LA POBLACIÓN PARTICIPANTE

Nuestro trabajo de investigación tiene un alcance correlacional y explicativo. Los estudiantes seleccionados para esta investigación provienen de una población urbana con muchas distracciones alrededor de su centro escolar. Estos alumnos tienen entre 16 y 17 años. Se seleccionaron 3

grupos de entre 5 que cursan la asignatura de física, todos del área de fisicomatemático, con un total de 69 estudiantes, distribuidos en 23 estudiantes por grupo. El grupo experimental fue el 5° grupo G (G1), mientras que los otros dos grupos (5° E y F) fueron los grupos de control (G2 y G3).

También se seleccionaron tres grupos del área de Química Biológica, sumando 120 estudiantes, distribuidos en 40 estudiantes por grupo. A estos estudiantes solo se les investigó de manera cualitativa a través de entrevistas, haciendo una población total de 189 estudiantes.

El procedimiento para seleccionar el grupo de estudiantes a investigar fue probabilístico, utilizando muestreo aleatorio simple para elegir uno de los tres grupos del área de fisicomatemáticos, resultando en un grupo experimental y dos grupos de control. Aproximadamente el 76% de los estudiantes son de clase baja, el 18% de clase media y el 6% de clase alta. Muchos de ellos cuentan con una beca educativa otorgada por el gobierno. Estos porcentajes se obtuvieron a través de una encuesta realizada en entrevista clínica.

A los tres grupos se les realizó una actividad diagnóstica para evaluar sus conocimientos previos sobre el campo eléctrico. Esta actividad consistió en resolver dos problemas típicos de libros de texto de física. El primer problema requería calcular el campo eléctrico en el punto medio entre dos cargas eléctricas dadas y, posteriormente, la fuerza eléctrica en el mismo punto al colocar una tercera carga. Finalmente, se les preguntó dónde debería estar el punto para que el campo eléctrico fuera cero. El segundo problema pedía calcular el flujo eléctrico total que pasa a través de las cuatro superficies inclinadas de una pirámide de base cuadrada horizontal de 6 m de lado y una altura de 4 m, situada en un campo eléctrico vertical de 52 N/C.

Los resultados mostraron que el 40.2% de los estudiantes comprendieron el problema, el 38.6% pudo diseñar un plan para resolverlo, el 37.4% logró ejecutar el plan, y el 22.4% pudo interpretar o explicar el significado de sus propias soluciones algebraicas. Estos resultados revelan que los estudiantes no utilizan un enfoque científico para resolver problemas de física, concentrándose en cálculos matemáticos simples y mostrando una baja capacidad en la búsqueda y reporte de soluciones.

Respecto a los otros estudiantes, solo se realizaron entrevistas sobre cómo son instruidos por sus profesores. De estas entrevistas, se obtuvo la información de que los profesores utilizan métodos como la analogía y la elaboración de resúmenes para enseñar.

VIII. DISEÑO DE LA ACTIVIDAD DIDÁCTICA

Creemos que, para lograr un cambio significativo en el aprendizaje de la física entre nuestros alumnos, es necesario alejarnos del enfoque tradicionalista que predomina en muchas aulas. Este enfoque se caracteriza por una simplificación excesiva y un abuso de la matemática abstracta, así como por instrucciones "imaginativas" que no son suficientes. Por ejemplo, indicaciones como "imagina que un electrón viaja de una placa negativa a una positiva" o

"un electrón ubicado a la derecha del eje X es sometido a un campo eléctrico con dirección +X, ¿cuál es la dirección de la fuerza eléctrica que experimenta?" no son efectivas.

Nuestra propuesta de actividades para promover el aprendizaje en estudiantes de nivel medio superior consta de dos partes: la primera se centra en la manipulación de prototipos eléctricos experimentales, y la segunda es una actividad didáctica realizada a través de Physlet. Estos diseños se basan en actividades previas realizadas durante el diagnóstico y siguen nuestra metodología de la Physlet de la ciencia.

Los materiales para los experimentos incluyen latas de aluminio, tubos hidráulicos de PVC, acetatos, y diversos tipos de tela como franela, algodón, lino y seda. Estas actividades van acompañadas de preguntas similares a las que se encuentran en plataformas como PhysPort y PhET.

Las actividades experimentales fueron las siguientes:

- Lata rodante: Consistió en interactuar con una lata de aluminio y objetos cargados eléctricamente.
- Electroscopio: Se construyó un electroscopio y se interactuó con objetos cargados eléctricamente.
- Generador Van De Graaff (ver figura 2).



FIGURA 2. Construcción y prueba del Generador Van De Graaff por los alumnos, foto propiedad de los autores.

- Burbuja bailarina. Consistió en construir dos burbujas una dentro de la otra y acercar un acetato, observando que sucedía con las burbujas interior y exterior, comprobando así la teoría de la jaula de Faraday.

Las actividades de la Physlet fueron diseñadas en torno a la plataforma de PhET siguiendo el orden siguiente:

Actividad 1: Conociendo las cargas eléctricas.

Esta actividad consistió en observar lo que sucede en la aplicación "Globos y electricidad estática" de PhET. Se seleccionó la opción "no mostrar ninguna carga". Los alumnos debían pasar el globo por todo el suéter tantas veces como desearan, luego retirarlo y dejarlo en el centro, y finalmente escribir sus observaciones.

Actividad 2: Conociendo el comportamiento de la naturaleza eléctrica de las cargas.

Usando la misma aplicación "Globos y electricidad estática" de PhET, pero activando la opción de mostrar las cargas eléctricas, los alumnos exploraron la naturaleza eléctrica de las cargas y propusieron un concepto para la carga eléctrica.

Actividad 3: Dirección de las líneas de campo eléctrico.

En esta actividad se utilizó la aplicación "Cargas y campos" (Charges and Fields) de PhET. Los alumnos debían activar

las celdas que se encuentran en el lado derecho, exceptuando la opción de mostrar la cuadrícula (grid), y responder a las preguntas planteadas en la actividad.

Actividad 4: Medición del campo eléctrico.

Con la misma aplicación utilizada en la actividad tres, los alumnos realizaron mediciones del campo eléctrico utilizando los instrumentos proporcionados por la aplicación. Posteriormente, comprobaron estas mediciones matemáticamente mediante las expresiones del campo eléctrico y la fuerza eléctrica.

IX. PUESTA EN ESCENA DE LA ACTIVIDAD DIDÁCTICA PARA EL GRUPO EXPERIMENTAL G1

La actividad se llevó a cabo de la siguiente manera:

1) Actividades experimentales:

Los alumnos se agruparon en equipos de tres. Cada equipo construyó sus propios prototipos experimentales, utilizando las sesiones de la siguiente forma:

Experimento	Tiempo en h	Lugar
Lata rodante	1	Salón de clases
La burbuja bailarina	1	Salón de clases
Electroscopio	1.5	Hogar
Generador Van De Graaff	5	Hogar

2) Physlet:

Se les proporcionaron hojas a los alumnos con las actividades, para que pudieran registrar sus observaciones y argumentos. Estas actividades se llevaron a cabo en cuatro sesiones de 50 minutos cada una en el laboratorio de informática de la escuela, y se realizaron de forma individual.

Con los grupos de control G2 y G3, se trabajó con actividades similares, pero de manera tradicional y sin utilizar Physlet.

X. RECOLECCIÓN DE DATOS

La recopilación de datos implica el desarrollo de un plan detallado de procedimientos diseñado para reunir información con un propósito específico. Nuestro plan en esta investigación incluía recolectar datos proporcionados por los alumnos a partir de sus observaciones, respuestas a encuestas, documentos donde registraron sus argumentos, grabaciones digitales y entrevistas. Consideramos que nuestro método es confiable, válido y objetivo.

Las observaciones y argumentos de los alumnos fueron recogidos en las hojas de la actividad didáctica y luego transferidos a una hoja de Excel para su análisis. El diseño de la hoja Excel fue que en las líneas se escribieron a los participantes y en las columnas las preguntas, esto permite analizar tanto cuantitativamente como identificar cualitativamente que pregunta fallo el alumno. Para evaluar la parte emocional, se realizaron entrevistas clínicas con preguntas como "¿Qué te pareció la actividad?", permitiendo que los alumnos se expresaran libremente y sin limitaciones.

XI. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para determinar si la actividad genera aprendizaje, analizamos las ganancias de Hake de cada grupo. En este análisis, observamos que los grupos de control, G2 y G3, no experimentaron un aprendizaje del campo eléctrico, debido a que recibieron instrucciones de manera tradicional. La ganancia de Hake del grupo G2 fue de 0.3204, lo que, de acuerdo con los criterios de Hake, se considera un aprendizaje bajo. De igual forma, para el grupo de control G3, la ganancia de Hake fue de 0.2944, también considerada baja según el mismo criterio.

En contraste, el grupo experimental G1, que recibió enseñanza del campo eléctrico mediante una actividad didáctica y el uso de la physlet, obtuvo una ganancia de Hake de 0.8009. Esto demuestra que la actividad didáctica es una opción efectiva para ser implementada en el salón de clases, ya que su ganancia es considerablemente alta, como se observa en la tabla I.

Tabla I. Ganancia de Hake de los tres grupos que se aplicó la actividad didáctica.

Generación 2023								
Gpo.	Asignación del grupo	# Alumnos	# Ítems	# Ítems correctos	pre-test %	# Ítems correctos	post-Test %	Ganancia de Hake
G1	Experimental	23	506	285	56.3241	462	91.3043	$g = 0.8009$
G2	Control	23	506	222	43.8735	313	61.8577	$g = 0.3204$
G3	Control	23	506	163	32.2134	264	52.1739	$g = 0.2944$

Por lo tanto, podemos establecer como premisa que nuestra hipótesis H1 es correcta.

Debido al rigor característico de una investigación científica, procedimos a analizar los datos obtenidos de la actividad didáctica, los cuales no siempre presentan una

distribución normal. La normalidad de estos datos depende de varios factores, entre ellos: Diseño de la actividad didáctica, si está bien diseñado y tiene una dificultad moderada, es posible que los datos se distribuyan más cerca de una curva normal. Por el contrario, si el examen es demasiado fácil o difícil, las distribuciones pueden sesgarse hacia uno de los extremos. En cuanto al tamaño de la muestra de los participantes, con un número suficiente de participantes, los datos tienden a aproximarse a una distribución normal debido al teorema del límite central.

La dificultad de las preguntas, debido a la variación en la dificultad puede afectar la forma de la distribución. Respecto a los participantes, si estos tienen niveles de preparación y habilidades variados, los datos de la actividad didáctica pueden distribuirse más uniformemente, acercándose a una distribución normal. En grupos homogéneos, estos datos pueden concentrarse en un rango específico, alejándose de la normalidad.

En cuanto al efecto de sesgo, se tiene factores como la preparación previa, el estrés y otros factores externos pueden influir en la distribución de los datos.

Para verificar si los datos de la actividad didáctica siguen una distribución normal, se pueden utilizar varias pruebas estadísticas:

- a) Prueba de Shapiro-Wilk: Adecuada para muestras pequeñas.
- b) Prueba de Kolmogorov-Smirnov: Compara los datos con una distribución normal teórica.
- c) Prueba de Anderson-Darling: Similar a la prueba de Kolmogorov-Smirnov, pero con mayor sensibilidad a los extremos.
- d) t de Student
- e) Gráficos: Histogramas, gráficos Q-Q (cuantiles-cuantiles) y boxplots pueden proporcionar una visión visual de la distribución.

Dado que los datos son las calificaciones obtenidas por los participantes de la actividad didáctica, se consideraron algunos puntos importantes. Para el grupo experimental, compuesto por 23 alumnos, utilizaremos el análisis significativo de Kolmogorov-Smirnov. Partimos del siguiente criterio para decidir nuestra hipótesis, considerando un nivel de significancia $\alpha = 5\%$.

- Rechazar a H_0 (Se acepta H_1). Si $P\text{-Valor} \leq \alpha$.
- No rechace H_0 (Se acepta H_0). Si $P\text{-Valor} > \alpha$.

TABLA II. Comparación de los parámetros de los tres grupos con la calculadora Kolmogorov-Smirnov.

	G1	G2	G3
Parameter	Value	Value	Value
P-value	0.4954	0.04412	0.0121
D	0.1664	0.2799	0.2065
Sample size (n)	23	23	23
Average ($\bar{x}$)	9.1304	6.1858	5.2174
Median	9.0909	5.9091	5
Sample Standard Deviation (S)	0.7981	0.6241	0.749
Sum of Squares	14.0137	8.5699	12.3428
K	0.798	1.3425	0.9902
Skewness	- 0.6411	1.0206	0.1421
Skewness Shape	Potentially Symmetrical (pval=0.183)	Asymmetrical , right/positive (pval=0.034)	Potentially Symmetrical (pval=0.768)
Excess kurtosis	- 0.2569	0.4658	-1.3718
Kurtosis Shape	Potentially Mesokurtic , normal like tails (pval=0.783)	Potentially Mesokurtic , normal like tails (pval=0.618)	Potentially Mesokurtic , normal like tails (pval=0.142)

Como se muestra en la tabla II, para el grupo experimental G1, los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov indican que no hay una diferencia significativa en relación con la distribución normal ($D(23) = 0.17$, $p = 0.495$). Como el valor de P es mayor que α , aceptamos la H_1 . Esto sugiere que la distribución de los datos es normal. En otras palabras, la diferencia entre la muestra de datos y la distribución normal no es lo suficientemente grande como para ser estadísticamente significativa. El valor p es 0.4954 ($P(x \leq$

$0.1664) = 0.5046$), lo que significa que la probabilidad es de cometer un error tipo I, es decir, rechazar una H_1 correcta, es alta: 0.4954 (49.54%). Cuanto mayor es el valor p, más apoya a H_1 . El estadístico de prueba D es 0.1664, dentro de la región de aceptación del 95%: $[0, 0.2752]$, como se muestra en la figura 3. El estadístico de prueba K es 0.798 ($K = D \sqrt{n}$). El tamaño del efecto observado D es medio, 0.166, indicando que la diferencia entre la muestra y las

distribuciones normales es media. Dado que el supuesto uno no se puede rechazar, se puede ignorar el tamaño del efecto.

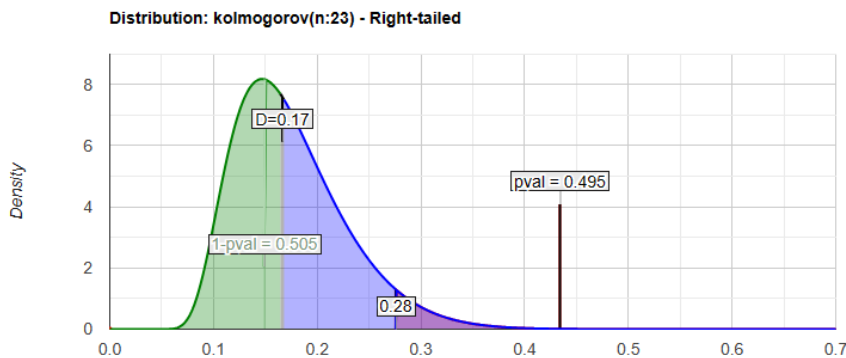


FIGURA 3. Gráfica que muestra los parámetros estadísticos del grupo experimental G1, gráfica proporcionada por la calculadora Kolmogórov-Smirnov Test Calculator de Statistics Kingdom.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov asumió que conoce los parámetros de la distribución nula; si desea utilizar los parámetros de la muestra, la prueba es demasiado conservadora, por lo que debe utilizar la prueba de Lilliefors. Como la misma aplicación de la calculadora sugiere usar esta prueba de Lilliefors, entonces al verificar nuestros datos encontramos que el valor de P resulta ser mayor que el error, por lo que también nos valida que la hipótesis a seleccionar es H1. A continuación se muestran las figuras 4, y 5 que contienen otros parámetros.

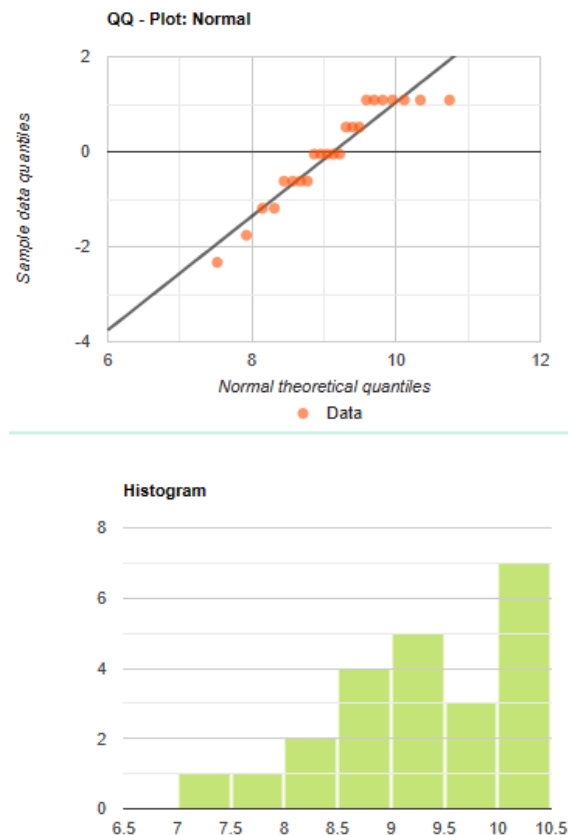


FIGURA 4. Muestran la gráficas histogama y QQ-Plot, gráfica proporcionada por Kolgomorov-Smirnov Test Calculator de Statistics Kingdom.

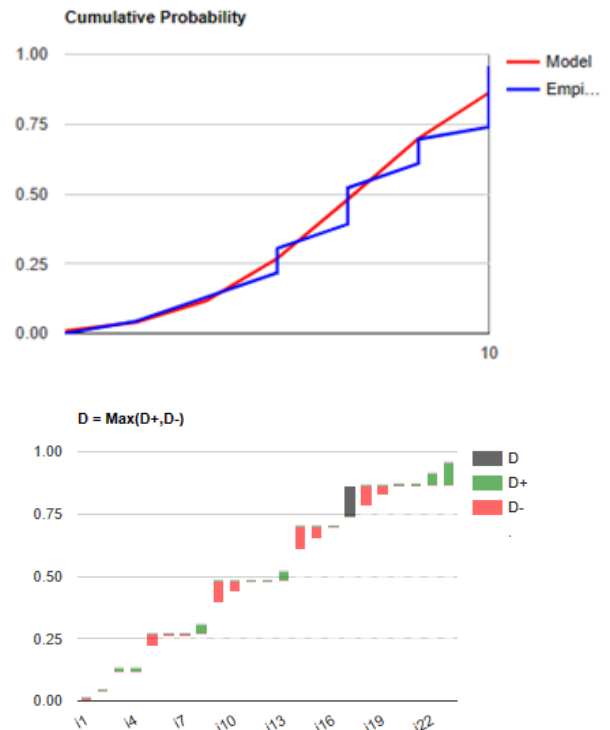


FIGURA 5. Muestran la graficas de probabilidad acumulada y el estadístico D Kolgomorov-Smirnov Test Calculator de Statistics Kingdom.

En el caso de los grupos de control tenemos para el grupo G2 que el valor de P (P-value), $P\text{-value} < \alpha$, rechaza la H1. Se supone que la distribución de los datos no es normal. En otras palabras, la diferencia entre la muestra de datos y la distribución normal es lo suficientemente grande como para ser estadísticamente significativa. El valor p es igual a 0.04412, $(P(x \leq 0.2799) = 0.9559)$. Esto significa que la probabilidad de error tipo I (rechazar una H1 correcta) porque es pequeña: 0.04412 (4.41%). Cuanto menor es el valor p, más apoya a H0. En la estadística de prueba tenemos que el estadístico de prueba D es igual a 0.2799, que no se encuentra en la región de aceptación del 95%: $[0, 0.2752]$. Mientras que el estadístico de prueba K es igual a 1.3425. $(K = D \sqrt{n})$. En tanto que el tamaño del efecto observado D es grande, 0.28. Esto indica que la magnitud de la diferencia entre la muestra y las distribuciones normales es grande, a continuación, se muestra las figuras 6, 7 y 8.

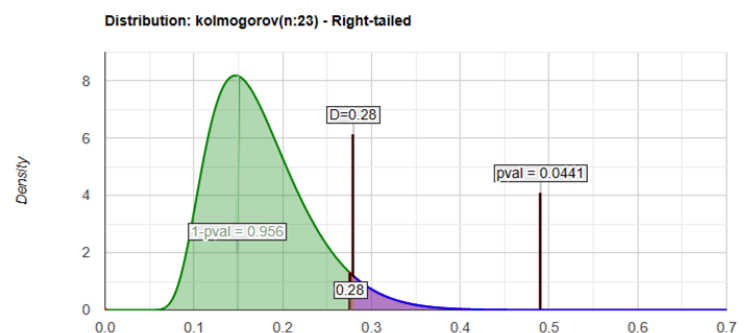


FIGURA 6. Gráfica que muestra los parámetros estadísticos del grupo de control G2, gráfica proporcionada por la calculadora Kolmogorov-Smirnov Test Calculator de Statistics Kingdom.

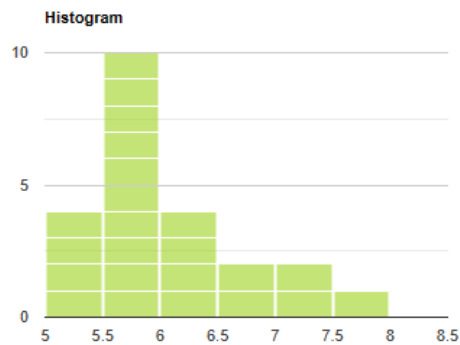
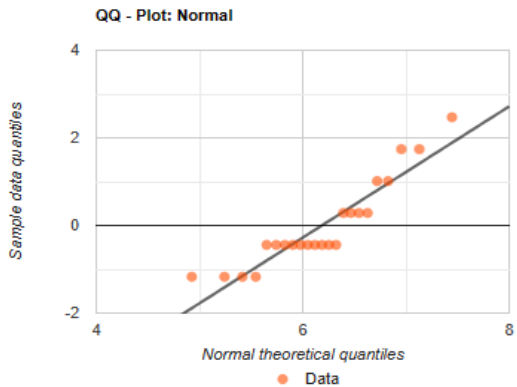
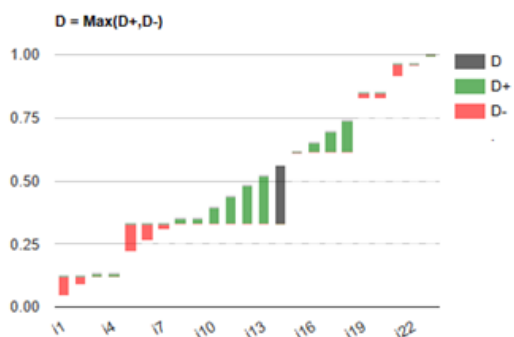
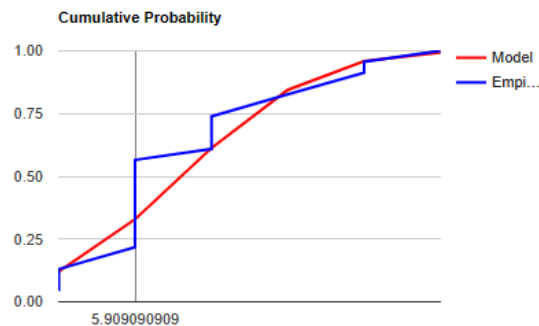


FIGURA 7. Muestran las gráficas histograma y QQ-Plot, gráfica proporcionada por Kolmogorov-Smirnov Test Calculator de Statistics Kingdom.



FIGURAS 8. Muestran las gráficas de probabilidad acumulada y el estadístico D Kolmogorov-Smirnov Test Calculator de Statistics Kingdom.

En el caso de tercer grupo que usamos como control G3, al analizar los datos proporcionados por la calculadora encontramos los siguientes resultados a través de la prueba de Lilliefors donde nos indica que existe una diferencia significativa con respecto a la distribución normal ($D(23) = 0.21$, $p = 0.0121$). Por lo que nuestra hipótesis H_1 es rechazada debido a que el valor de p es ($p < \alpha$). Suponemos que la distribución de los datos no es normal. En otras palabras, la diferencia entre la muestra de datos y la distribución normal es lo suficientemente grande como para ser estadísticamente significativa.

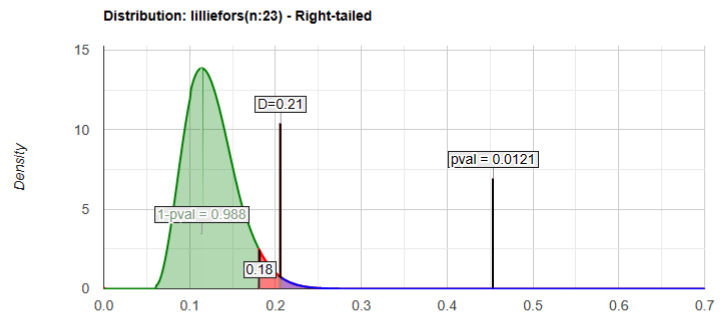
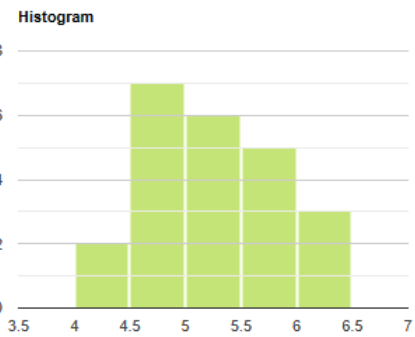
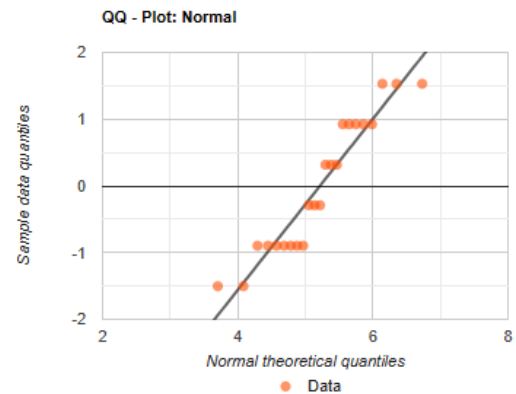
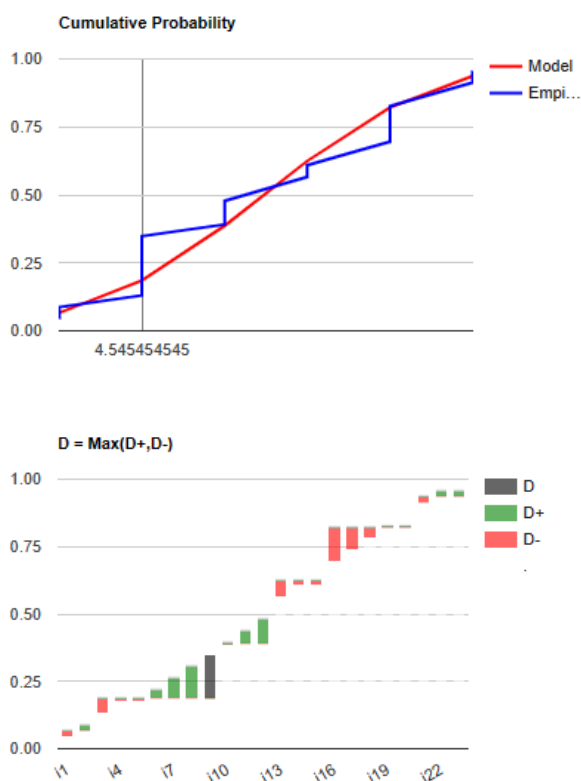


FIGURA 9. Gráfica que muestra los parámetros estadísticos del grupo de control G3, gráfica proporcionada por la calculadora Kolmogorov-Smirnov Test Calculator de Statistics Kingdom.



FIGURAS 10. Muestran las gráficas histograma y QQ-Plot, gráfica proporcionada por Kolgomorov-Smirnov Test Calculator de Statistics Kingdom.

Estadísticamente el valor p es igual a 0.01213, ($P(x \leq 0.2065) = 0.9879$). Esto significa que la probabilidad de error tipo I es pequeña: 0.01213 (1.21%). Cuanto menor es el valor p , más apoya a H_0 . En el caso del estadístico de prueba D es igual a 0.2065, que no se encuentra en la región de aceptación del 95%: $[0, 0.1806]$. El estadístico de prueba K es igual a 0.9902. ($K = D \sqrt{n}$). Mientras que el tamaño del efecto observado D es grande, 0.206. Esto indica que la magnitud de la diferencia entre la muestra y las distribuciones normales es grande. En las figuras 9, 10 y 11 se muestran las gráficas de estos parámetros.



FIGURAS 11. Muestran la gráficas histograma y QQ-Plot, gráfica proporcionada por Kolgomorov-Smirnov Test Calculator de Statistics Kingdom.

XII. CONCLUSIONES

En este trabajo, a modo de conclusión, podemos señalar que el campo eléctrico no puede reducirse a su definición, ni a simples cálculos matemáticos, ni enseñarse de una forma meramente informativa. Nuestra investigación propone una manera diferente de aprender el campo eléctrico, que consta de actividades experimentales acompañadas de una physlet, lo que permite al estudiante adquirir un significado más profundo del campo eléctrico. Esta metodología ofrece una

alternativa de enseñanza-aprendizaje que mejora los contenidos de un libro de texto.

Además, se tomaron en cuenta los objetivos que los planes y programas actuales de la Secretaría de Educación Pública de los Estados Unidos Mexicanos buscan lograr en los estudiantes de Nivel Medio Superior, como la Nueva Escuela Mexicana. En esta, se establece que el alumno debe aprender contenidos que puedan ser usados a lo largo de su vida, con un enfoque crítico, humanista y comunitario. Ahora, los alumnos vinculan la importancia de aprender el tema del campo eléctrico con su contexto social, generando un mayor interés y motivación por aprender física.

La actividad diseñada en nuestra propuesta supera las expectativas de lo que se hacía anteriormente tanto en el salón de clases como en el laboratorio de física. Los alumnos construyen sus propios prototipos eléctricos, lo que les permite aplicar sus conocimientos aprendidos, indagan, observan. Además, con la actividad de la physlet, los alumnos aprovechan esta relación de manipulación real con la virtual, lo que genera un mayor aprendizaje en comparación con una clase tradicional. De igual forma, se logra un ahorro en los costos de laboratorio. La physlet de PhET utilizada en la actividad didáctica fue elegida por ser un software gratuito y accesible para muchos alumnos y profesores. Su entorno amigable permite su uso tanto a través de internet como de dispositivos móviles, haciéndolo aún más eficiente.

Nuestra actividad didáctica cumple con lo señalado por los autores [14], ya que permite que el alumno deje de ser un simple receptor de lo que dice el profesor, integrando lo cognitivo y lo axiológico, y aprendiendo a pensar, dialogar y colaborar en comunidad.

Con los resultados obtenidos de la investigación, proponemos una intervención escolar para enseñar el tema del campo eléctrico. La manipulación de objetos tangibles combinada con la physlet resulta ventajosa para los alumnos, quienes aprenden con mayor facilidad. Al manipular los experimentos, pueden notar ciertos fenómenos físicos que, con el apoyo de la physlet, les permite observar las líneas de campo eléctrico, mejorando significativamente la comprensión del tema.

Podemos concluir que nuestro modelo educativo en México está enfocado no solo en la parte cognitiva, sino también en los aspectos emocionales, implicando la percepción, valoración y expresión de emociones con precisión, así como la comprensión y regulación de estas. Nuestro trabajo de investigación logra en los alumnos una motivación para aprender el tema del campo eléctrico de manera lúdica, interactiva y significativa, integrando elementos de socioafectividad como el entusiasmo, satisfacción, diversión, confianza, frustración, preocupación y admiración. Por lo que este conocimiento aprendido será significativo a lo largo de la vida del alumno.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de los alumnos de la Escuela Preparatoria Número 1 del Estado de Chiapas turno

matutino que participaron en la actividad didáctica, así como al coautor de la investigación Dr. Cesar Mora Ley por sus aportes a esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] Poveda, G., Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia **30**, 130-147 (2003).
- [2] Córdova, E., La carga eléctrica. Disponible en https://www.academia.edu/34865984/Capítulo_1_La_carga_eléctrica_1.1_Introducción. Consultado el 12/02/2019.
- [3] Barcos, H., Rojas, E. y Restrepo, E, *Física Principios de Electricidad y Magnetismo*, 1ra edición (Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 2012).
- [4] Rooney, A., *La historia de la Física. De la filosofía natural al enigma de la materia oscura*, (Grupo editorial Tomo, México, 2013).
- [5] Landrove, R., *Evolución del pensamiento científico. Primeras observaciones de los fenómenos eléctricos y magnéticos*. Disponible en <http://fisica.ciens.ucv.ve/~martin/hfishtm/heyml.html>. Consultado el 08/09/2018.
- [6] Tomé, C. *Gilbert, el campo y lo eléctrico, Experiencia docente* [Blog]. Disponible en <https://culturacientifica.com/2016/02/16/gilbert-el-campo-y-lo-electrico/>. Consultado el 05/05/2018.
- [7] Cerezo, J., *Historia de la electricidad: Ingeniería Agrónoma grado en hortofruticultura y jardinería*, (Universidad Politécnica de Cartagena, España, 2015).
- [8] García, A., Edwin, G. & Estany, A., *Praxis Filosófica* **31**, 7-24 (2010).
- [9] Moreira Llancaqueo, A., Caballero, M. y Moreira, M., *Enseñanza de las Ciencias* **2**, 3 (2003).
- [10] Pérez, H., *Física General*, (Grupo Editorial Patria SA de CV, México, 2015).
- [11] Serway, R. y Vuille, C., *Fundamentos de física* Vol. 2, (Cengage Learning, México, 2012), pp. 513-539.
- [12] Llamas, L., *Física II*, (Secretaría de Educación Pública, México, 2015), pp. 98-131.
- [13] Meisner, G., Hoffman, H. y Turner, M., *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **3**, 87-102 (2008).
- [14] Ruiz, J., Mora, C. y Álvarez, N., *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **5**, 285-292 (2011).
- [15] Fuentes, J., Cáceres, D., Rodríguez, E., Sánchez, L. y Calzadilla, O., *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **7**, 659-661 (2013).
- [16] Becerra, G., Mora, C., Ordóñez, A. y Sánchez, R., *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **10**, 43041-43044 (2016).
- [17] Mishra, P. & Koehler, M. J., *Teachers College Record* **108**, 1017-1054 (2006).
- [18] Dean, V., De Caro, A. y Lagomarsino, M., *El modelo TPACK como buena práctica para integrar las TIC en la educación a distancia*. Disponible en: campus.unimoron.edu.ar/mod/resource/view.php?id=73223. Consultado el 20/03/2018.
- [19] Cabero, J., Roig-Vila, R. & Mengual, S., *Digital Education Review* **32**, 73-84 (2017).
- [20] Moya, M., *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia* **27**, 1-15 (2013).
- [21] Sarmiento, L. y Budini, B., *Revista de Enseñanza de la Física* **28**, 155-161 (2016).
- [22] Artigue, M., *Ingeniería Didáctica en Educación Matemática Un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas*, (Grupo Editorial Iberoamérica, Bogotá, 1995).
- [23] García Renata, J., *Revista Educación* **36**, 1-24 (2012).
- [24] Hake, R., *American Journal Physics* **66**, 64-74 (1998).
- [25] Sánchez, R., Mora, C. y Velázquez, L., *Latin American Journal of Science Education* **8**, 12021-1 - 12021-8 (2014).