

# Implementación de la estrategia Indagación con la clase entera utilizando un simulador PhET para el estudio de las leyes de Newton en el Bachillerato de la UAS

M. Rodríguez Quintero, E. Meza Valdez, y A. E. Camacho López

Unidad Académica Preparatoria La Cruz, Universidad Autónoma de Sinaloa, La Cruz. C.P. 82700, Elota, Sinaloa.

Received 24 November 2025; accepted 3 December 2025

El presente trabajo propone la implementación de la estrategia didáctica activa: Indagación con la clase entera, empleando el simulador PhET “Fuerzas y movimiento: Fundamentos” para el estudio de las leyes de Newton. El enfoque metodológico, aplicado en un contexto rural, combinó actividades experimentales virtuales, formulación de hipótesis y discusión guiada. Su originalidad radica en integrar tecnología accesible con análisis cualitativo mediante minería de texto (Voyant Tools). Los resultados revelan mejoras significativas en la comprensión conceptual, mayor motivación e interés por la asignatura, y desarrollo del pensamiento crítico, consolidando aprendizajes significativos en un entorno participativo y reflexivo.

*Descriptor:* Indagación con la clase entera; simulador PhET; estrategia didáctica activa; leyes de Newton; tecnología educativa.

This paper proposes the implementation of an active learning strategy: Inquiry with the whole class, using the PhET simulator “Forces and Motion: Fundamentals” for the study of Newton’s laws. The methodological approach, applied in a rural context, combined virtual experimental activities, hypothesis formulation, and guided discussion. Its originality lies in integrating accessible technology with qualitative analysis through text mining (Voyant Tools). The results reveal significant improvements in conceptual understanding, greater motivation and interest in the subject, and the development of critical thinking, consolidating meaningful learning in a participatory and reflective environment.

*Keywords:* Whole class inquiry; PhET simulator; active teaching strategy; Newton’s laws; educational technology.

DOI: <https://doi.org/10.31349/RevMexFis.7.011402>

## 1. Introducción

### 1.1. Contextualización del problema

La enseñanza de la física en el nivel medio superior enfrenta desafíos significativos, particularmente en contextos rurales donde las limitaciones de infraestructura y recursos materiales restringen las oportunidades de experimentación práctica. La Extensión El Saladito, perteneciente a la Unidad Académica Preparatoria La Cruz de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ejemplifica esta realidad: plantel rural que atiende a 56 estudiantes de segundo año en la asignatura de Mecánica I, donde se abordan las leyes de Newton como contenido fundamental del Programa de Estudios 2018. La comprensión de las leyes de Newton representa uno de los pilares conceptuales más importantes en la formación física de los estudiantes de bachillerato. Sin embargo, la enseñanza tradicional de estos conceptos frecuentemente se caracteriza por la desconexión entre teoría y práctica, la persistencia de concepciones alternativas erróneas, y la limitada disponibilidad de recursos para experimentación efectiva [1].

### 1.2. Problemática específica

En la enseñanza de la física se suelen presentar problemas asociados a diversos aspectos, entre los que podemos encontrar: la desconexión ente la teoría y la práctica, concepciones

alternativas y creencias erróneas de los estudiantes como “la física es solo para genios” o bien “tengo que memorizar formulas, pero no las entiendo”, lo que dificulta la comprensión profunda de los conceptos. Las prácticas de laboratorio tradicionales caracterizadas por las instrucciones estructuradas se pueden convertir en un obstáculo para que los estudiantes formulen preguntas, expongan hipótesis y analicen resultados de forma independiente. Además de la poca disponibilidad de espacios y material físicos, así como el poco margen para hacer pruebas distintas a las establecidas en las instrucciones de las propias prácticas que limita la proactividad en la experimentación.

### 1.3. Justificación y relevancia

La presente investigación se justifica en múltiples dimensiones que convergen hacia la necesidad de innovación pedagógica en la enseñanza de la física. La alineación curricular se establece considerando que el Marco Curricular Común de la Educación Media Superior (MCCEMS) enfatiza el desarrollo de competencias científicas mediante metodologías activas que promuevan el pensamiento crítico y la aplicación práctica del conocimiento [2]. La pertinencia tecnológica responde a la necesidad de aprovechar las tecnologías emergentes para enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje, particularmente en contextos con limitaciones de recursos físicos. Desde la perspectiva de relevancia pedagógica, la es-

trategia de "Indagación con la clase entera" se fundamenta en principios constructivistas que promueven el aprendizaje significativo mediante la construcción colaborativa del conocimiento. Esta aproximación metodológica responde tanto a las demandas curriculares contemporáneas como a las necesidades específicas del contexto rural donde se desarrolla la investigación.

#### 1.4. Objetivos

El objetivo general de esta investigación consiste en evaluar la efectividad de la estrategia activa de indagación de la clase entera integrada con un simulador interactivo de PhET como recursos para la comprensión significativa de las Leyes de Newton.

Los objetivos específicos incluyen diseño e implementación de una secuencia didáctica basada en indagación guiada que integre el uso de simuladores PhET para la exploración de conceptos relacionados con fuerza, masa y aceleración. Además, se pretende estimular la formulación de hipótesis, la discusión grupal y la argumentación científica a través del trabajo colectivo en clase. Finalmente, se propone evaluar el impacto de estas estrategias en el desempeño académico y en la actitud de los estudiantes hacia la física, mediante técnicas de análisis cualitativo de respuestas textuales.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Fundamentos del aprendizaje basado en indagación

El aprendizaje por indagación se basa en que los estudiantes comprenden mejor cuando participan activamente en el proceso científico: formulan preguntas, diseñan investigaciones y analizan evidencia [3]. Este enfoque se relaciona con el constructivismo social de Vygotsky, que resalta el papel de la interacción y la mediación cultural en la construcción del conocimiento. La estrategia de "Indagación con la clase entera" consiste en una exploración guiada por el docente, quien plantea preguntas clave para conducir el descubrimiento colectivo [4]. Esta modalidad equilibra la orientación pedagógica con el desarrollo del pensamiento crítico y la autonomía de los estudiantes.

### 2.2. Integración tecnología-pedagogía en el MCCEMS

El Marco Curricular Común de la Educación Media Superior (MCCEMS) prioriza el desarrollo de competencias digitales y científicas mediante una integración significativa de la tecnología educativa [2]. Esta integración debe ir más allá del uso técnico, buscando transformar las prácticas pedagógicas. El modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) ofrece un marco para comprender cómo integrar eficazmente la tecnología en la enseñanza, combinando el conocimiento del contenido, el pedagógico y el tecnológico [5]. En la enseñanza de las leyes de Newton con simuladores PhET, esto implica: conocer a fondo los conceptos físicos y

las dificultades que enfrentan los estudiantes (conocimiento del contenido); dominar estrategias de indagación y conducción de discusiones (conocimiento pedagógico); y manejar el simulador con precisión, adaptándolo a objetivos didácticos concretos (conocimiento tecnológico).

### 2.3. Simulaciones computacionales en la enseñanza de la física

Rayo Guido [6] en su tesis sobre el uso y manejo de simuladores PhET en el diseño de actividades basadas en el aprendizaje por indagación menciona que, aunque los simuladores son conocidos por docentes alumnos y docentes, se recomienda que estos últimos se capaciten en el diseño de actividades. Por otro lado, investigaciones en Esmeraldas [7] y en la Unidad Educativa Particular Los Ilinizas [8] reportaron que el uso de simuladores PhET en el bachillerato mejoró la comprensión de conceptos de física y matemáticas, promoviendo un aprendizaje activo y reduciendo el estrés asociado a métodos tradicionales. Según un estudio realizado en Ecuador, la implementación de simuladores PhET en la enseñanza de ondas mecánicas y sonido mostró que, aunque los estudiantes demostraron mayor interés, no se evidenció una mejora significativa en el rendimiento académico. Esto sugiere que la resistencia al cambio y las limitaciones en la metodología pedagógica pueden afectar la efectividad de estas herramientas tecnológicas [9]. Sin embargo, la literatura también señala la importancia crítica del diseño pedagógico que acompaña el uso de simulaciones. Rutten *et al.* [10] enfatizan que las simulaciones por sí mismas no garantizan aprendizaje efectivo; requieren estructuración pedagógica cuidadosa que incluya objetivos claros, actividades guiadas y oportunidades para reflexión. Esta evidencia fundamenta la importancia de integrar los simuladores dentro de marcos pedagógicos sólidos como la estrategia de indagación con la clase entera.

## 3. Metodología

### 3.1. Diseño de la investigación

Esta investigación adopta un enfoque mixto con predominancia cualitativa, utilizando un diseño de estudio de caso único que permite explorar en profundidad la implementación de la estrategia pedagógica en un contexto específico. El diseño se estructura en cinco fases secuenciales que abarcan desde el diagnóstico inicial hasta la evaluación de resultados, proporcionando una perspectiva integral del proceso de implementación y sus resultados.

### 3.2. Contexto y participantes

La investigación se desarrolló en la Extensión El Saladito de la Unidad Académica Preparatoria La Cruz, Universidad Autónoma de Sinaloa. Los participantes fueron 56 estudiantes de segundo año con edad promedio de 16.5 años, inscritos en la asignatura Mecánica I durante el semestre agosto-diciembre 2024. El contexto rural del plantel presenta carac-

terísticas particulares de limitación de recursos que hacen relevante la exploración de alternativas tecnológicas para la enseñanza experimental.

### 3.3. Fases de implementación

Fase 1: Diagnóstico y planificación. El proceso comienza con una fase diagnóstica, cuyo objetivo es conocer las actitudes y creencias previas de los estudiantes hacia la física. Simultáneamente, se identifican los recursos tecnológicos disponibles, como el acceso a computadoras, tabletas e internet, lo cual permite adaptar la propuesta a las condiciones reales del aula. En esta etapa también se contempla una capacitación básica para el docente, enfocada en el uso de simuladores PhET y en la aplicación de estrategias de indagación guiada. Los recursos empleados incluyen cuestionarios, equipos de cómputo, conectividad a internet y una guía docente.

Fase 2: Diseño de la secuencia didáctica. Una vez realizado el diagnóstico, se procede al diseño de la secuencia didáctica. Se selecciona el simulador PhET “Fuerzas y movimiento: Fundamentos” como herramienta principal, y se elabora una guía de actividades basada en la indagación, que incluye preguntas abiertas, observaciones y experimentación virtual. Para ello, se adapta un ejemplo existente de la estrategia “Indagación con la clase entera”, contextualizando las preguntas al grupo y al tema. Se definen claramente los roles del docente, como facilitador, y de los estudiantes, como exploradores, comunicadores y analistas. El producto final de esta fase es una secuencia detallada clase por clase, acompañada de una hoja de indagación que especifica objetivos, actividades, recursos y criterios de evaluación.

Fase 3: Implementación en el aula. La implementación contempla tres sesiones de 70 minutos cada una. En la primera, los estudiantes exploran el simulador para familiarizarse con conceptos como fuerza, masa y aceleración. La segunda sesión involucró experimentación guiada mediante la implementación de indagación estructurada a través de preguntas específicas sobre relaciones fuerza-aceleración, formulación y prueba de hipótesis sobre el comportamiento de objetos con diferentes masas, y exploración sistemática de la segunda ley de Newton. La tercera sesión se centró en síntesis y generalización, desarrollando discusión grupal guiada sobre patrones observados, construcción colaborativa de conclusiones sobre las tres leyes de Newton, y aplicación de conceptos a situaciones cotidianas.

Fase 4: Evaluación y recolección de datos. Durante esta fase, se aplicó un cuestionario multidimensional diseñado para evaluar cuatro criterios específicos relacionados con la implementación didáctica. El primer criterio, correspondiente al uso del simulador, incluyó cinco preguntas centradas en la experiencia de uso, posibles dificultades técnicas y la capacidad del simulador para facilitar la visualización de fenómenos físicos. El segundo criterio, desarrollo de la comprensión conceptual, se abordó a través de preguntas que exploraban las conexiones realizadas por los estudiantes entre los conceptos clave, sus explicaciones personales y la comprensión

de relaciones como fuerza, masa y aceleración. El tercer criterio, promoción de la indagación, se evaluó mediante preguntas sobre el reconocimiento de ideas previas, el uso del simulador para experimentar, y la motivación para profundizar en el contenido. Finalmente, el cuarto criterio, retroalimentación y análisis, se indagó a través de preguntas relacionadas con la utilidad de la retroalimentación docente, los nuevos aprendizajes obtenidos y la capacidad del estudiante para explicar los fenómenos observados. Este cuestionario, de respuestas abiertas, fue aplicado inmediatamente después de la intervención en el aula.

Fase 5: Análisis de datos. Para el análisis de los resultados obtenidos, se empleó la herramienta en línea Voyant Tools, especializada en minería de texto. Esta plataforma permitió identificar patrones léxicos y conceptuales a partir de las respuestas de los estudiantes. Se realizó un análisis de frecuencia de términos, la generación de nubes de palabras y una categorización temática de los contenidos en función de los cuatro criterios evaluativos.

### 3.4. Consideraciones éticas

La investigación cumplió con los principios éticos fundamentales mediante la obtención del consentimiento informado de estudiantes, garantía de confidencialidad en el manejo de datos personales, participación voluntaria sin afectación de calificaciones y, transparencia sobre objetivos y procedimientos de la investigación.

## 4. Resultados

### 4.1. Análisis cuantitativo de participación

La implementación alcanzó una participación del 85 por ciento, equivalente a 48 de 56 estudiantes en todas las sesiones programadas. El cuestionario final fue respondido por 45 estudiantes, representando un 80 por ciento de respuesta, proporcionando una base sólida para el análisis cualitativo posterior.

### 4.2. Análisis de minería de texto por criterio

De acuerdo con la minería realizada utilizando Voyant Tools, se obtuvieron los siguientes términos en visualizaciones para cada uno de los criterios.

En esta visualización tenemos como palabra más utilizada a “más” dentro de las frases: “más fácil aprender”, “más práctica” y “más rápido”, las cuales están asociadas a un uso de simulador de carácter positivo para promover los conceptos estudiados en las leyes de Newton.

Las palabras “fuerza”, “movimiento”, “masa”, “aceleración” y “objeto” destacan en esta visualización, lo que indica que los alumnos reconocen aquellos conceptos asociados a las leyes de Newton. Entre las frases que utilizaron para responden las preguntas se encuentran: “el mismo cuerpo no mantiene su estado de movimiento”, “la fuerza con la que”, “explican porque un cuerpo sigue en reposo” y, “la fuerza



FIGURA 1. Visualización obtenida para Criterio 1. Uso del simulador.

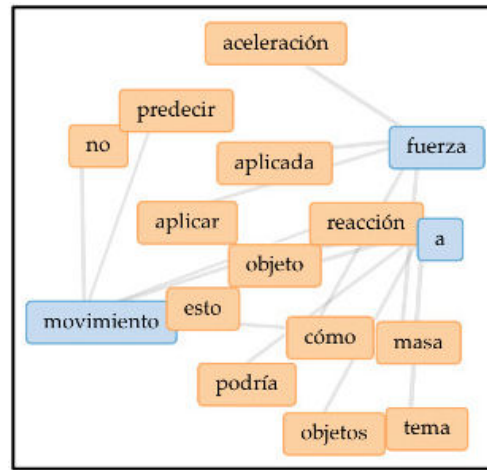


FIGURA 4. Relación de términos para Criterio 2. Desarrollo de la comprensión conceptual a través de preguntas.

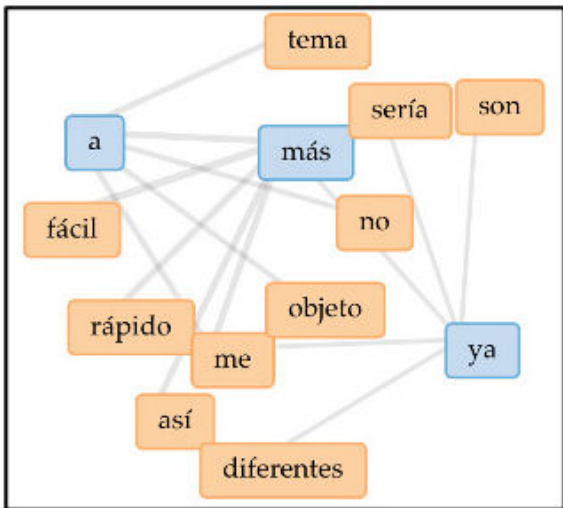


FIGURE 2. Relación de términos para Criterio 1. Uso del simulador.



FIGURA 5. Visualización obtenida para Criterio 3. Promoción de la indagación y la experimentación.



FIGURE 3. Visualización obtenida para Criterio 2. Desarrollo de la comprensión conceptual a través de preguntas.

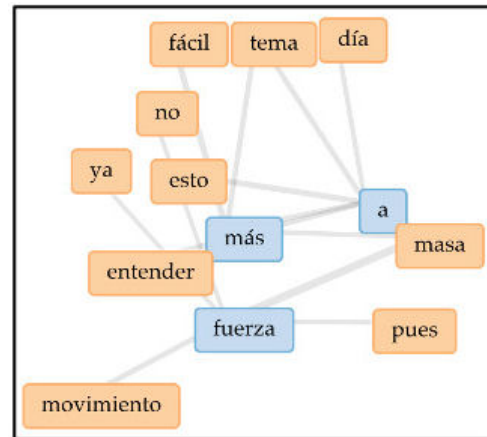


FIGURA 6. Relación de términos para Criterio 3. Promoción de la indagación y la experimentación.



nologías educativas. Los simuladores requieren estructuración mediante estrategias activas que promuevan la construcción colaborativa de conocimiento. En términos de diseño curricular, los resultados sugieren la pertinencia de integrar sistemáticamente herramientas de simulación en secuencias didácticas de física, particularmente para conceptos que requieren visualización de fenómenos abstractos. Respecto a la formación docente, la implementación exitosa requiere desarrollo de competencias específicas en el modelo TPACK, combinando dominio conceptual, pedagógico y tecnológico de manera integrada. Esta integración no puede ser superficial, sino que debe reflejar comprensión profunda de cómo cada componente potencia a los otros en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### 5.3. Contribuciones al campo educativo

La utilización de la herramienta Voyant Tools para analizar las respuestas de los estudiantes proporcionó una visión global del proceso de aprendizaje. La retroalimentación recibida, tanto del docente como entre pares, fue valorada positivamente y permitió a los alumnos reflexionar sobre sus descubrimientos, consolidando así los aprendizajes adquiridos durante las sesiones. Esta investigación aporta evidencia empíri-

ca sobre la efectividad de estrategias pedagógicas innovadoras en contextos rurales mexicanos, área tradicionalmente subrepresentada en la literatura educativa. La metodología de análisis textual mediante minería de datos ofrece un enfoque novedoso para evaluar percepciones estudiantiles de manera sistemática.

### 5.4. Perspectivas futuras y recomendaciones

La propuesta puede ampliarse a otros planteles rurales de la UAS, favoreciendo la equidad. Su metodología es aplicable a otros temas de física como ondas o electricidad. Se sugiere investigar a largo plazo el impacto conceptual y actitudinal, y desarrollar materiales que combinen simuladores PhET con aprendizaje activo. Para una implementación efectiva, se requiere capacitación docente continua, creación de repositorios con secuencias didácticas validadas y comunidades de práctica entre docentes. Es clave evaluar el impacto con instrumentos que midan tanto lo cognitivo como lo emocional.

En conclusión, combinar PhET con estrategias de indagación es una opción pedagógica efectiva para la enseñanza de conceptos de física, tales como leyes de Newton, sobre todo en contextos con recursos limitados.

1. L. C. McDermott and E. F. Redish, Resource Letter: PER-1: Physics Education Research, *American Journal of Physics* **67** (1999) 755, <https://doi.org/10.1119/1.19122>
2. S. de Educación Pública, Marco Curricular Común de la Educación Media Superior (2022), Subsecretaría de Educación Media Superior.
3. N. R. Council, A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas (The National Academies Press, Washington, DC, 2012), <https://doi.org/10.17226/13165>.
4. M. Windschitl, J. Thompson, and M. Braaten, Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations, *Science Education - SCI EDUC* **92** (2008) 941, <https://doi.org/10.1002/sce.20259>
5. P. Mishra and M. J. Koehler, Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge, *Teachers College Record* **108** (2006) 1017, <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
6. L. Rayo Guido, Uso y manejo de simuladores PhET en el diseño de actividades basadas en aprendizaje por indagación para enseñanza de la física, carrera física-matemática, unan-FAREM-Matagalpa, segundo semestre 2022, Master's thesis, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNANManagua. (2022).
7. C. B. Mera Escobar and J. L. Puyol Cortez, Importancia de la utilización del laboratorio virtual y los simuladores PhET en el aprendizaje de la física y la matemática en el nivel de Bachillerato.: Importance of the use of virtual laboratory in the teaching and Learning process of physics and mathematics at the baccalaureate level., *Revista Científica Multidisciplinar Generando* **5** (2024) 2275, <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i2.363>
8. C. I. Sanguano Sani, Uso de los simuladores PHET para mejorar el aprendizaje de la Física (2022).
9. A. S. A, Simuladores PhET y GeoGebra en la enseñanza de ondas mecánicas y sonido en los estudiantes de primer año de Bachillerato General Unificado en el Colegio Alfonso Laso Bermeo del Distrito Metropolitano de Quito, año lectivo 2018-2019.
10. N. Rutten, W. R. van Joolingen, and J. T. van der Veen, The learning effects of computer simulations in science education, *Computers Education* **58** (2012) 136, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
11. N. D. Finkelstein *et al.*, When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* **1** (2005) 010103, <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103>
12. U. D. Colorado, Simulaciones interactivas PhET. Estrategias de implementación con la clase entera (2025), [https://phet.colorado.edu/es\\_PE/teaching-resources/virtual-workshop/whole-class-strategies?section=getting-started](https://phet.colorado.edu/es_PE/teaching-resources/virtual-workshop/whole-class-strategies?section=getting-started).