

NUEVAS PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN EN FÍSICA EDUCATIVA



COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA

Jesús Alberto Flores Cruz
Rubén Sánchez Sánchez
(coordinadores)

Nuevas perspectivas de la investigación en física educativa



**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA**

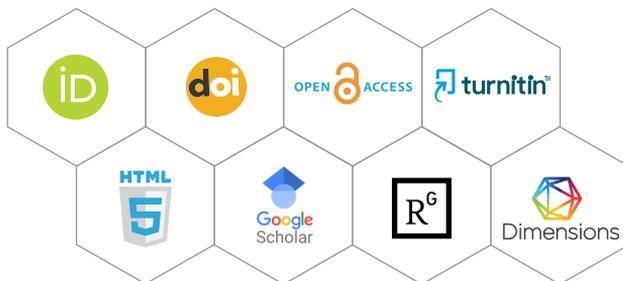
Ediciones Comunicación Científica se especializa en la publicación de conocimiento científico de calidad en español e inglés en soporte de libro impreso y digital en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales: dictaminación de pares ciegos externos, autenticación antiplagio, comités y ética editorial, acceso abierto, métricas, campaña de promoción, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional.

Cada libro de la Colección Ciencia e Investigación es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación de pares externos y autenticación antiplagio. Invitamos a ver el proceso de dictaminación transparentado, así como la consulta del libro en Acceso Abierto.



www.comunicacion-cientifica.com

[DOI.ORG/10.52501/cc.219](https://doi.org/10.52501/cc.219)




**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES
ARBITRADAS
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS

CC+I
COLECCIÓN
**CIENCIA e
INVESTIGACIÓN**

Nuevas perspectivas de la investigación en física educativa

JESÚS ALBERTO FLORES CRUZ
RUBÉN SÁNCHEZ SÁNCHEZ
(COORDINADORES)

Prólogo de
JUAN CARLOS RUIZ MENDOZA



Nuevas perspectivas de la investigación en física educativa / Jesús Alberto Flores Cruz, Rubén Sánchez Sánchez (coordinadores); prólogo de Juan Carlos Ruiz Mendoza. — Ciudad de México : Comunicación Científica, 2024. (Colección Ciencia e Investigación).

297 páginas : gráficas ; 23 × 16.5 centímetros

ISBN: 978-607-9104-80-1

DOI: 10.52501/cc.219

1. Física – Estudio y enseñanza. 2. Física – Investigación. 3. Plagio I. Flores Cruz, Jesús Alberto, coordinador. II. Sánchez Sánchez, Rubén, coordinador.

LC: QC47.M6 N84

Dewey: 530.071172 N84

La titularidad de los derechos patrimoniales y morales de esta obra pertenece a los autores D.R. Jesús Alberto Flores Cruz y Rubén Sánchez Sánchez (coordinadores), 2024. Reservados todos los derechos conforme a la Ley. Su uso se rige por una licencia Creative Commons BY-NC-ND 4.0 Internacional, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.es>

Primera edición en Ediciones Comunicación Científica, 2024

Diseño de portada: Francisco Zeledón • Interiores: Guillermo Huerta

Ediciones Comunicación Científica, S. A. de C. V., 2024

Av. Insurgentes Sur 1602, piso 4, suite 400

Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México,

Tel.: (52) 55-5696-6541 • Móvil: (52) 55-4516-2170

info@comunicacion-cientifica.com • www.comunicacion-cientifica.com

 comunicacioncientificapublicaciones  @ ComunidadCient2

ISBN 978-607-9104-80-1

DOI 10.52501/cc.219



Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos externos.
El proceso transparentado puede consultarse, así como el libro en acceso
abierto, en <https://doi.org/10.52501/cc.219>

Índice

Prólogo	15
Introducción	21

PRIMERA PARTE DIDÁCTICA DE LA FÍSICA

1. Percepciones sobre el plagio en estudiantes de nivel superior y posgrado mediante el Modelo de Acción Razonada, <i>Fabiola Escobar Moreno</i>	25
Introducción	25
Modelo de acción razonada	27
Metodología	28
Resultados	30
Conclusiones	32
Agradecimientos	33
Referencias	33
Apéndice	35
2. Propuesta de estudio del nivel de logro de competencias mediante escenarios adaptados en ABP en laboratorio de electromagnetismo, <i>Vladimir Camelo Avedoy, Mario Humberto Ramírez Díaz, José Luis Santana Fajardo</i>	41
Introducción	42

Marco teórico	43
Aprendizaje basado en proyectos (ABP)	43
Escenarios	44
Taxonomía de Ribes	45
Metodología experimental	46
Población	46
Tamaño de la muestra	47
Procedimiento	47
Conclusión	50
Agradecimientos	50
Referencias	51
3. Integrando la metodología 4MAT y datos reales para la enseñanza de las leyes de Kepler en la escuela secundaria: Una propuesta de investigación, <i>Fernanda González-Erives, Silvia Maffey, Ricardo García-Salcedo</i>	53
Introducción	54
Revisión de literatura	58
Metodología	62
Secuencia didáctica	64
Conclusiones	68
Agradecimientos	69
Referencias	69
4. Desarrollo de un foro virtual para la mejora del pensamiento crítico en los conceptos de relatividad con estudiantes de bachillerato, <i>Guillermina Ávila García</i>	73
Introducción	74
Pensamiento crítico	77
Metodología: Diseño instruccional basado en el modelo ADDIE para el desarrollo del pensamiento crítico	78
A. Fase de análisis	79
B. Fase de diseño	79
C. Fase de desarrollo	85
D. Fase de implementación	86

E. Fase de evaluación	87
Resultados y discusión	87
Conclusiones	92
Referencias	93
5. Desarrollo de competencias en física por medio de las TAC utilizando 4MAT a nivel bachillerato, <i>Magaly Sierra Vite, Mario Humberto Ramírez Díaz, Carlos de la Cruz Sosa</i>	95
Introducción	96
Marco teórico	97
Antecedentes de la educación por competencias	97
Sistema 4MAT	98
TAC	99
Ciclos de aprendizaje	100
Instrumentos	102
Rúbrica para evaluar las competencias y validez	102
Confiabilidad de los instrumentos	103
Metodología	103
Conclusión	104
Referencias	105
6. Aprendizaje de las fuerzas de atracción y repulsión en imanes con alumnos de nivel preescolar usando el enfoque STEAM, <i>María Fernanda González-Villarreal, Juan Carlos Ruiz Mendoza</i>	109
Introducción	110
Las ciencias naturales en educación preescolar	111
Exploración y comprensión del mundo natural y social	111
El trabajo con las ciencias en el aula de preescolar	113
El enfoque STEAM	113
Los imanes y el aprendizaje con educandos de preescolar	115
Metodología	116
Implementación de STEAM	117
Contexto de la investigación	119
Situación didáctica	119
Implementación	120

Instrumentos	123
Resultados	124
Conclusiones	126
Agradecimientos	127
Referencias	127
7. Explorando la evolución de la instrucción basada en la indagación en la enseñanza de la física: Del modelo 5E al modelo 7E, <i>Priscila Loya Ramírez, Ricardo García-Salcedo</i>	
Introducción	129
Antecedentes históricos y justificación de la ampliación del modelo 5E	130
El modelo de las 5E	132
El modelo de las 7E	135
Ejemplo de diseño de algunas secuencias didácticas con base en el modelo de las 7E	136
Secuencia didáctica basada en el modelo 7E para la transferencia de la energía	145
Secuencia didáctica basada en el modelo 7E para la transformación de la energía	146
Conclusiones	149
Agradecimientos	154
Referencias	155

SEGUNDA PARTE

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

8. El juego serio y el aprendizaje significativo por proposiciones de las fuerzas de rozamiento en reconstrucción de accidentes, <i>Anahí Alcázar Guzmán, Jesús Alberto Flores Cruz</i>	
Introducción	159
Estado del conocimiento del juego serio en la enseñanza de la física	160

Revisión de literatura	164
Elementos del juego serio	166
A. Jugabilidad	167
B. Componente pedagógico	168
C. Estética del juego	168
Especificaciones técnicas	169
Fase para construcción del juego serio	171
Conclusión	172
Créditos	172
Agradecimientos	172
Referencias	173
9. Evaluación del aprendizaje conceptual de cinemática de máquinas a través de una aplicación de realidad aumentada, <i>César</i>	
<i>Armando Ramírez</i>	175
Introducción	176
La realidad aumentada y su funcionamiento	176
Cinemática de máquinas y por qué es importante en la ingeniería	177
El uso de la realidad aumentada para mejorar el aprendizaje conceptual en la cinemática de la máquina	177
Estado del arte	178
Metodología	179
Diseño del estudio y enfoque de investigación	179
Características de los participantes y tamaño de la muestra	179
Métodos de recopilación y análisis de datos	180
La aplicación de realidad aumentada	181
Variables y medidas utilizadas para evaluar la efectividad de la aplicación de realidad aumentada	183
Resultados y discusiones	183
Conclusiones	186
Agradecimientos	188
Referencias	188

10. La realidad aumentada en la resolución de problemas de equilibrio en el espacio para ingeniería empleando ABP, <i>Edgar Alejandro Camacho Medina, Jesús Alberto Flores Cruz, Mario Humberto Ramírez Díaz, Leticia Amalia Neira Tovar</i>	191
Introducción	192
Desarrollo	195
Diseño de los escenarios para el desarrollo de problemas	195
Diseño de la app en RA	196
La secuencia didáctica	197
Participantes	200
Modelo didáctico	200
Conclusiones	202
Créditos	202
Agradecimientos	202
Referencias	203
11. La realidad aumentada como herramienta para la enseñanza del péndulo simple, <i>Gilberto Castrejón, Miguel Olvera Aldana, Niels H. Navarrete, Iliana Cristina Carrillo Ibarra</i>	207
Introducción	208
Marco teórico	209
El péndulo simple y sus fundamentos teóricos	209
La realidad aumentada como herramienta para la enseñanza	213
Metodología	216
Aplicación del test de estilos de aprendizaje	216
Secuencia didáctica: péndulo simple y conceptos físicos	217
Conclusiones (preliminares)	219
Reconocimientos	220
Referencias	220
Anexos	222
Anexo A. Test para determinar el canal de aprendizaje de preferencia	222

Anexo B. Pre/postest de péndulo simple y conceptos físicos	225
---	-----

TERCERA PARTE
EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

12. Didáctica filosófica para el aprendizaje del concepto de masa y peso con niños de educación primaria, <i>Juan José del Carmen, César Mora</i>	231
Introducción	232
Programa de filosofía para niños y didáctica filosófica para enseñar saberes	233
Propuesta didáctica para el aprendizaje del concepto de masa y peso con niños de educación primaria	236
Secuencia didáctica	236
Aplicación de la práctica filosófica denominada “Didáctica filosófica para la enseñanza de masa y peso”	240
Instrumentos de evaluación	240
Resultados de la investigación	242
Conclusiones	243
Agradecimientos	244
Referencias	245
13. Diseño, revisión, validación y evaluación de un caso vinculante de física e ingeniería, <i>Luis Jorge Benítez Barajas</i>	247
Introducción	248
Objetivos de la investigación	249
Metodología	249
La física involucrada tres tipos de deformación en estructuras .	251
Revisión del caso	252
Validación del caso	253
Resultados validación y evaluación	254
Conclusiones	264

Agradecimientos	264
Referencias	264
14. Modificaciones en los niveles de pensamiento crítico, al emplear estrategias filosóficas en el aprendizaje de la dualidad onda- partícula: Avances para una próxima investigación cualitativa, <i>Jesús Diego Tuero-O'Donnell Zulaica</i>	267
Introducción	268
Pregunta principal y objetivos	269
Marco teórico	270
Teoría del cambio conceptual	270
El pensamiento crítico	270
Metodología	272
Secuencia didáctica	272
Test final de pensamiento crítico	273
Análisis	274
Conclusiones y trabajo futuro	276
Agradecimientos	277
Referencias	277
Sobre los autores	281

Prólogo

El estudio de las ciencias pone a los niños y jóvenes en contacto con la naturaleza y explica cómo el hombre ha utilizado el conocimiento y la tecnología para transformar a su favor las condiciones de vida y el entorno. Al entrar en la escuela, la física proporciona las claves para la comprensión de un sinnúmero de fenómenos. Estos conocimientos constituyen la base para la adquisición de nociones básicas para la vida.

La inclusión de la física en el currículo escolar juega un papel de primerísima importancia, funciona como elemento integrador de los contenidos de otras disciplinas. Por una parte, está en la base del estudio de las ciencias naturales y por la otra otorga un sentido práctico a la matemática. Sin embargo, su contribución fundamental rebasa los límites del conocimiento y se erige como un elemento formativo. La observación y la experimentación constituyen procedimientos propios de su estudio; al estudiar física desde las primeras edades, el niño va apropiándose progresivamente del método científico. Observar, formular hipótesis, medir, comparar, registrar y llegar a conclusiones hacen de él un individuo competente por los saberes adquiridos y por la capacidad de evaluar las condiciones de su entorno y transformarlo. En fin, comenzará a tener un pensamiento científico y dará igual orientación a sus acciones diarias. De manera que el estudio de la física desarrolla no solo competencias para la solución de los problemas profesionales actuales, sino que prepara para la incertidumbre, para la solución de los problemas que están por venir.

El libro *Nuevas perspectivas de la investigación en física educativa* que nos propone Jesús Alberto Flores Cruz y Rubén Sánchez Sánchez es una compilación sobre didáctica de la física, que incluye 14 resultados de investigación agrupados en tres partes fundamentales: “Didáctica de la física”, “Tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza de las ciencias” y “Epistemología de las ciencias”. En la generalidad de los casos se abordan los hallazgos de proyectos de investigación auspiciados por universidades y otras instituciones. Se trata de estudios donde se correlaciona el empleo de un enfoque o metodología específica con los logros en el aprendizaje o el desarrollo de competencias. Estos estudios constituyen una importante fuente de información para los profesores tanto para su labor docente como para el desarrollo de otras investigaciones en el ámbito universitario o escolar.

Los autores han tomado como referentes los más variados aspectos de enfoques pedagógicos. Se advierte cierto predominio de la teoría constructivista y del aprendizaje significativo, que toma cuerpo en el empleo de estrategias y metodologías de aprendizaje basado en proyectos (ABP), 4MAT, aprendizaje por proposiciones, aprendizaje basado en juegos, juegos digitales inmersivos, *b-learning*, modelo ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación), tecnologías de aprendizaje y el conocimiento (TAC), STEAM (*science, technology, engineering, arts and mathematics*, por sus siglas en inglés), aprendizaje basado en la indagación, filosofía para niños, didáctica filosófica y teoría del cambio conceptual.

La primera parte, dedicada a la didáctica de la física, agrupa siete artículos. En el primero de ellos la doctora Fabiola Escobar Moreno explora las percepciones de los estudiantes sobre el plagio, búsqueda en la que destaca el valor de la lectura y la escritura para el estudio de las ciencias en la formación universitaria. De acuerdo con los hallazgos descritos, “los estudiantes comprenden que el plagio es una práctica nociva para su formación” y mostraron una respuesta positiva en el sentido de mejorar su desempeño como estudiantes y futuros profesionales.

Por su parte, el maestro en Ciencias Físicas Vladimir Camelo Avedoy, el doctor Mario Humberto Ramírez Díaz y el doctor José Luis Santana Fajardo correlacionan el nivel de logro en el desarrollo de competencias y el empleo de un enfoque de aprendizaje basado en proyectos.

En el tercer artículo la maestra Fernanda González-Erives, la doctora Silvia Maffey y el doctor Ricardo García-Salcedo ilustran cómo aplicar la metodología 4MAT (experiencia, conceptualización, aplicación y refinamiento) al enseñar las leyes de Kepler. La investigación aborda la necesidad de integrar la astronomía en la educación secundaria.

El cuarto artículo es una propuesta para el estudio de la relatividad mediante el empleo de un ambiente *b-learning* y la plataforma Moodle, con la que la doctora Guillermina Ávila García ha conseguido estimular el pensamiento crítico en estudiantes de bachillerato.

La maestra Magaly Sierra Vite, el doctor Mario Humberto Ramírez Díaz y el doctor Carlos de la Cruz Sosa también realizaron estudios en estudiantes de bachillerato. En su propuesta se destaca el valor del empleo de las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (TAC), el que combinan con una metodología 4MAT para conseguir el desarrollo de “competencias de formación, pensamiento crítico y creatividad en física en estudiantes de bachillerato”.

A continuación aparece el estudio de la maestra María Fernanda González-Villarreal y Juan Carlos Ruiz Mendoza, quienes se suman al creciente interés por la introducción temprana de contenidos de ciencias en la escuela mexicana. Desde un enfoque STEAM introducen el aprendizaje por parte de alumnos del nivel preescolar de contenidos de física. Esta experiencia demostró que la introducción de nociones básicas de física en el preescolar favorece el aprendizaje y el interés por las ciencias.

Cierra la primera parte el estudio llevado a cabo por la maestra Priscila Loya Ramírez y el doctor Ricardo García-Salcedo, quienes examinan la evolución de la instrucción basada en la indagación en la enseñanza de la física en el bachillerato, centrándose en la introducción y extensión del modelo 7E (elicitar, enganchar, explorar, explicar, elaborar, evaluar y extender). Los autores explican con profundidad y suficiencia el modelo instruccional de Arthur Eisenkraft, el que ilustran mediante una propuesta de secuencia didáctica para el estudio de la transferencia de energía.

Nótese el predominio de estudios para el nivel universitario y el bachillerato. Los estudios compilados, que funcionan aquí como capítulos, muestran una estructura similar. Luego de introducir a los lectores en el tema a tratar, aparece el planteamiento de la pregunta científica. Invariablemen-

te se incluye una caracterización del estado del arte que describe los rasgos esenciales del enfoque didáctico que se asume y la argumentación de su valor para la secuencia didáctica propuesta. Otro rasgo común de los trabajos es el empleo de fotos, gráficos y tablas que completan o sintetizan la información relativa a los resultados en términos de logros en el aprendizaje o del nivel alcanzado en el desarrollo de competencias.

La segunda parte, identificada por los compiladores como “Tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza de las ciencias” incluye cuatro artículos, tres de ellos tienen como común denominador el empleo de la realidad aumentada.

Aparece una interesante propuesta de la maestra Anahí Alcázar Guzmán y el doctor Jesús Alberto Flores Cruz, que ilustran cómo aprender física en la universidad a través del juego serio con un enfoque de aprendizaje significativo, y su conocida tipología de representaciones, conceptos y proposiciones. Esta investigación viene a recordarnos el papel clave de la física en la criminalística y las ciencias periciales.

La realidad aumentada extiende las posibilidades de estudio de la naturaleza, no toma el lugar de la observación directa, por el contrario, permite que el ojo humano penetre lo inalcanzable, razón por la que constituye un valiosísimo medio de enseñanza y una herramienta para el aprendizaje a lo largo de la vida.

El segundo artículo de la segunda sección estuvo a cargo de César Armando Ramírez, quien explora la aplicación de la realidad aumentada a la formación de ingenieros, concretamente para enseñar cinemática de máquinas. El investigador destaca el potencial de la realidad aumentada para transformar la educación, esfuerzo en el que es secundado por los autores de los otros dos artículos de esta sección.

El tercer texto describe los resultados de un proyecto de investigación a cargo de un equipo integrado por el maestro Edgar Alejandro Camacho Medina, el doctor Jesús Alberto Flores Cruz, el doctor Mario Humberto Ramírez Díaz y la doctora Leticia Amalia Neira Tovar. Los autores proponen una estrategia didáctica en la cual integran el uso de la realidad aumentada como herramienta tecnológica, con la metodología de aprendizaje basado en problemas. La estrategia procura mejorar la resolución de problemas de equilibrio estático tridimensional en el contexto de la enseñanza de la ingeniería.

El cuarto y último estudio de esta sección describe el empleo de la realidad aumentada al tratamiento didáctico de conceptos físicos, tales como: periodo, frecuencia, frecuencia angular, ángulos pequeños, etc., que se desprenden del estudio del péndulo simple. La secuencia didáctica propuesta estuvo a cargo del doctor Gilberto Castrejón, el doctor Miguel Olvera Aldana, la doctora Iliana Cristina Carrillo Ibarra y el maestro Niels H. Navarrete.

La tercera parte del libro, como su nombre lo indica, estuvo dedicada a la epistemología de las ciencias. Consta de tres artículos.

El maestro Juan José del Carmen y el doctor César Mora, autores del primer estudio de esta sección, justifican la necesidad de aprender física a partir de la afirmación de que se trata de “una ciencia maravillosa e importante en la vida del ser humano [cuyo] estudio comienza desde que somos capaces de interactuar con nuestro entorno” —apreciación que compartimos—. La secuencia didáctica que proponen pretende “crear espacios de reflexión y desarrollar habilidades de pensamiento crítico, creativo y valorativo-cuidadoso” en la educación primaria a partir de una didáctica filosófica para el aprendizaje del concepto de masa.

Le siguen los resultados del estudio desarrollado por el doctor Luis Jorge Benítez Barajas. El autor presenta la primera fase de la investigación cuyo objetivo fue diseñar un caso relacionado con la ingeniería de forma sistematizada dirigido a construir, revisar, validar y evaluar el colapso de la “Línea Dorada del Metropolitano Ciudad de México”.

En el tercer capítulo, el maestro Jesús Diego Tuero-O'Donnell Zulaica nos presenta una interesante y necesaria aproximación a la evolución de las habilidades de pensamiento crítico en estudiantes universitarios. A partir de la organización de sesiones de lecturas de artículos de divulgación, reflexiones y debates filosóficos, el autor explora cómo el aprendizaje de contenidos físicos contribuye a la formación de los futuros profesionales.

Como el lector habrá podido comprobar, la compilación que le presentamos es toda una gama de colores que refleja el interés de los docentes por la investigación en física educativa, confirma la calidad del profesorado mexicano y su nivel de creatividad y abre infinitas posibilidades al planteamiento de nuevos proyectos de investigación.

Por la relación lograda entre la teoría y la práctica, la originalidad y actualidad de las ideas expuestas y la frecuente descripción de secuencias

didácticas para el abordaje de uno u otro tema de estudio, esta compilación constituye un valioso instrumento en las manos de los docentes, sus potenciales destinatarios. Cada docente que entre en contacto con este libro seguramente dará vida en sus aulas a las ideas descritas, o replicará estos estudios en su práctica profesional con sus propios estudiantes.

Esperamos que este libro te impulse en dos direcciones: primero, que te mueva a prácticas educativas más eficaces y conforme con las necesidades de la sociedad de hoy; segundo, que te estimule a presentar tu propio proyecto investigativo, en el que seguramente vas a poder elevar hasta el nivel de las ciencias de la educación tus mejores iniciativas y óptimas experiencias en el salón de clases. La invitación a la lectura y la investigación está hecha.

DOCTOR JUAN CARLOS RUIZ MENDOZA
MONTERREY, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Introducción

Dentro del conocimiento universal, la física no solo se muestra como una ciencia fundamental, sino que también ha mostrado su gran importancia en el ámbito educativo, transformando las mentes jóvenes y nutriendo la curiosidad inherente a la naturaleza humana. Este libro, titulado *Nuevas perspectivas de la investigación en física educativa*, representa un compendio dedicado a explorar y analizar los avances más recientes en la enseñanza y el aprendizaje de la física desde diversas perspectivas y enfoques innovadores.

El presente volumen se estructura en tres capítulos, cada uno de los cuales aborda temáticas específicas que reflejan la complejidad y la riqueza de la investigación en este campo. En la primera parte, “Didáctica de la física”, se profundiza en el estudio de estrategias pedagógicas, modelos de enseñanza y métodos de evaluación que promueven el desarrollo integral de competencias en los estudiantes. Desde la percepción sobre el plagio hasta la exploración de metodologías activas como el aprendizaje basado en problemas (ABP) y la integración de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), esta sección ofrece una panorámica amplia y detallada sobre las prácticas educativas más efectivas en el contexto de la física.

La segunda parte, “Tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza de las ciencias”, se adentra en el terreno de la innovación tecnológica aplicada a la educación física. Desde la realidad aumentada hasta los juegos serios, pasando por la utilización de aplicaciones móviles y entornos virtuales, se exploran las posibilidades que brindan las TIC para

enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje y potenciar la comprensión de conceptos complejos en el ámbito científico.

La tercera y última parte, “Epistemología de las ciencias”, invita a reflexionar sobre las bases filosóficas y epistemológicas que sustentan el conocimiento científico. Desde la integración de la filosofía en la enseñanza primaria hasta la revisión crítica de modelos teóricos en física e ingeniería, se abordan cuestiones fundamentales sobre la naturaleza del saber científico y su relación con la sociedad y la cultura.

Cada uno de los capítulos de este libro presenta una selección de trabajos de investigación que destacan por su rigor metodológico, originalidad conceptual y relevancia práctica. A través de estos estudios, se busca no solo ampliar nuestro entendimiento sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física, sino también inspirar nuevas líneas de investigación y fomentar el diálogo interdisciplinario en el campo de la educación científica.

En resumen, este libro constituye una contribución significativa al corpus de conocimiento en este campo, ofreciendo una visión integral y actualizada de los desafíos y las oportunidades que enfrenta la enseñanza de la física en la era contemporánea. Esperamos que este libro sea de utilidad tanto para investigadores y docentes como para todos aquellos interesados en promover una educación científica de calidad y relevancia en el siglo XXI.

Primera parte

DIDÁCTICA DE LA FÍSICA

1. Percepciones sobre el plagio en estudiantes de nivel superior y posgrado mediante el modelo de acción razonada

FABIOLA ESCOBAR MORENO*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.01>

Resumen

Esta investigación, a través del modelo de acción razonada, describe percepciones sobre el plagio mediante un instrumento diseñado exprofeso, a partir de componentes: actitud, norma, creencias y conocimiento. Es por lo que esta pesquisa tiene como objetivo analizar las percepciones de los estudiantes con la finalidad de describir la noción sobre el fenómeno plagio y sus implicaciones, así como los roles por parte de los estudiantes y profesores. De acuerdo con los resultados, mayormente, los estudiantes comprenden que el plagio es una práctica nociva para su formación; una minoría cree que no deben existir consecuencias; algo alentador es que los estudiantes tienen una actitud positiva para mejorar su formación, y discierne que la tarea del docente es mostrar las áreas de mejora.

Palabras clave: *percepciones, plagio, modelo de acción razonada.*

Introducción

La llegada de internet y los estimulantes recursos para proporcionar información como: videos, pódcast, blogs, infografías, entre otros, ha provocado

* Doctora en Ciencias con especialidad en Física Educativa. Profesora del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8958-2075>

que la escritura académica se convierta en un reto cognitivo, ya que, para elaborar escritos coherentes y relevantes, el primer insumo es la lectura especializada y, en este sentido, México enfrenta el reto de tener una población que carece del hábito de la lectura. Al respecto, según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), México ocupa el penúltimo lugar de 108 países en el índice de lectura [1]. En este orden de ideas, el Módulo de lectura 2022 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) señala que hay una correlación entre la población alfabetizada con mayor instrucción y el tiempo destinado a la lectura [2]. Entonces, es claro que el primer paso para escribir es leer. No obstante, la comprensión lectora y la escritura congruente no se reflejan necesariamente en los textos.

El paso por la universidad y los estudios de posgrado, eventualmente, se relacionan con alfabetización académica, la cual se concibe como un conjunto de estrategias indispensables para ser partícipes de compartir información de forma escrita y oral, así como el análisis y producción de textos, los cuales son parte formativa en la educación superior y de posgrado [3]. Así las cosas, Carlino [3] señala que la mejor forma de robustecer y afinar textos académicos es escribiendo. Es por lo que la escritura académica es un ejercicio necesario en la formación de licenciatura y posgrado, sin embargo, para algunos estudiantes es una tarea cognoscitiva demandante, entre otras razones, debido a factores relacionados con comprensión lectora, limitación de léxico especializado o errores en la interpretación de los marcos teóricos, teorías, modelos, corolarios, etcétera. Además de la falta de revisión y realimentación por parte de los profesores [4].

Al respecto se considera que es importante hacer investigación empírica sobre las prácticas académicas como el plagio, para sensibilizar al alumnado; sondear acerca de su conocimiento sobre las normas y analizar su sistema de creencias, y las actitudes en torno al fenómeno de tomar ideas de terceros sin dar el debido reconocimiento. Asimismo, es necesario el estudio del fenómeno plagio desde varias perspectivas; de forma metodológica es esencial, ya que, al menos en México el debate no ha sido suficientemente serio, informado y sistemático [5].

Así, en esta indagación se propone analizar las percepciones de los estudiantes con la finalidad de describir su noción sobre el fenómeno plagio

y sus implicaciones, así como los roles por parte de los estudiantes y profesores, desde cuatro perspectivas: conocimiento, norma, creencias y actitudes. En este sentido, trazar estrategias que tiendan a concientizar sobre esta problemática. En consonancia con el objetivo, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo perciben los estudiantes el plagio como práctica académica?

Modelo de acción razonada

Se determina que, para indagar sobre las percepciones de los estudiantes en relación con el fenómeno plagio, esto se debe analizar bajo el marco teórico modelo de acción razonada (MAR), ya que ostenta componentes como: creencias, actitudes e intenciones, las cuales se vinculan a las percepciones como forma de describir un fenómeno. Así, tal como acreditan González e Izquierdo [6], su uso en el ámbito educativo es escaso, en contraste, en el área de la salud es más socorrido el uso del MAR. En este sentido, como plantean González e Izquierdo [6], la actitud se concibe en la investigación educativa, como un parteaguas para la mejora continua y el MAR defiende que hay una estrecha relación entre las actitudes y los patrones conductuales, de tal suerte que la actitud es un indicador y un catalizador en los procesos de mejora en el estudiantado, y se considera de todos los niveles educativos.

Por su parte, Ajzen [7] sugiere que los instrumentos para analizar desde el MAR sean del tipo cuestionarios con escala Likert, donde se puedan cuantificar o cualificar los constructos, en este caso, se realizó una adaptación y los constructos fueron: conocimiento, actitud, norma y creencia. Se precisa que constructo se entiende en este documento como proposición teórica, es decir, una idea, concepto o representación mental [8].

No obstante, en ocasiones las investigaciones revelan que las intenciones no son predictores confiables del comportamiento [7]; también Ajzen [7] señala que, aunque hay correlación entre intención y comportamiento, es significativa en las revisiones bibliográficas, pueden variar considerablemente. Además, Ajzen [7] presume que las creencias conductuales, normativas y de control, así como las actitudes, las normas subjetivas y las percepciones de control conductual nutren y expresan las intenciones conductuales.

Y es que el MAR, de acuerdo con González e Izquierdo [6], parte del hipotético de que los individuos son seres racionales que usan la información utilizable para conseguir una decisión de conducta.

Es así que el MAR propone que, si las creencias normativas son briosas y la estimulación para adaptarse a ellas es nula, entonces la norma social subjetiva (reglamentos y normas académicas) no ejercerá ninguna influencia sobre la intención de realizar una conducta académica ética. Lo anterior se debe a que el producto final de las dos variables resultaría nulo de acuerdo con Hagger [9].

Entonces, el instrumento que se diseñó expreso para analizar las percepciones del estudiantado en torno al fenómeno plagio tuvo como base los siguientes componentes:

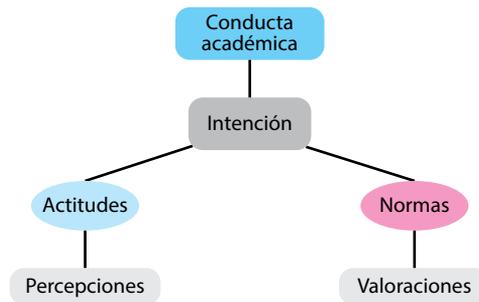
- a) *Conocimiento*. Definido como el producto que se obtiene de entender algo, esto significa también que se tiene conciencia sobre los fenómenos que nos rodean, sean tangibles o intangibles, como lo describe la Real Academia de la Lengua Española (RAE) [10]. Los ítems del instrumento representan 28.57 por ciento.
- b) *Creencia*. De acuerdo con Villoro, citado en Ortiz [11], describe que es “un estado de disposiciones adquirido, que causa un conjunto coherente de respuestas y que está determinado por un objeto o situación objetiva aprehendidos”. Entonces, la creencia es la convicción segura que se presta a un hecho o dato. Los ítems del instrumento representan 14.29 por ciento.
- c) *Actitud*. Es la disposición intelectual frente a alguna situación [10]. Los ítems del instrumento representan 28.57 por ciento.
- d) *Norma*. Señala la RAE [10] que es una “regla que se debe seguir o a que se deben ajustar las conductas, tareas, actividades”. Los ítems del instrumento representan 28.57 por ciento.

Metodología

Esta es una investigación descriptiva, ya que al no existir variables de estudio por ende no hay control sobre el fenómeno que se analizó, solo se dis-

pone de los datos, en este caso, provistos a través del instrumento diseñado para recoger percepciones de 128 participantes [12]. La elaboración del instrumento, *a priori*, para significar la percepción sobre el plagio se esbozó en consonancia con el modelo de acción razonada (figura 1.1).

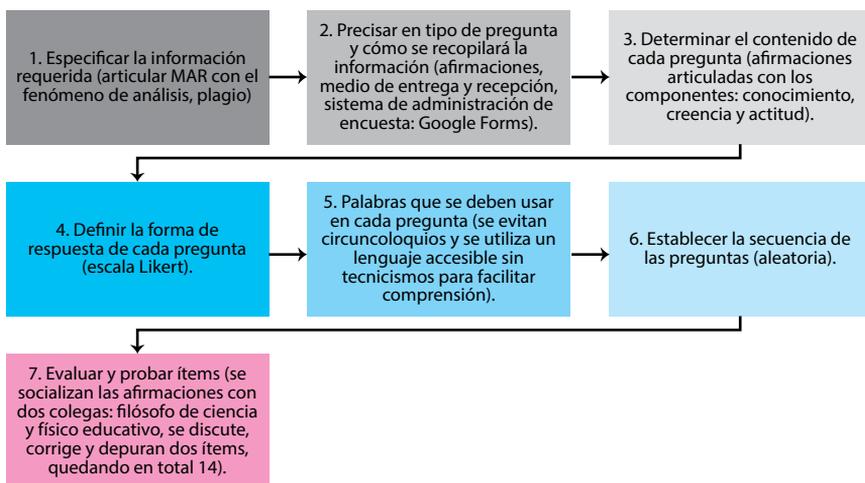
Figura 1.1. Adaptación del modelo de acción razonada



Fuente: elaboración propia.

Así, una vez establecidos los componentes, se diseñó un instrumento para la recolección de datos mediante los pasos que sugiere Namakforoosh [13] (figura 1.2).

Figura 1.2. Adaptación del Método de Namakforoosh [13] para creación del instrumento que analiza percepciones sobre plagio



Fuente: elaboración propia.

Como previamente se explicó, con base en el método provisto por Namakforoosh [13], se comenzó el proceso de diseño, analizando artículos que abordan la temática desde diversas visiones como: perspectivas sobre plagio, prevalencia del plagio en estudiantes universitarios, causas del plagio [14, 15, 16]. Por su parte, la Gestalt definió la percepción, según Oviedo [17], como un proceso de formación de representaciones mentales; también que mediante esta se realizan abstracciones a través de los atributos que precisan lo esencial del contexto exterior.

Tomando como punto de partida las definiciones anteriores y en concordancia con el objetivo y la pregunta de investigación, se procedió a esbozar las preguntas, las cuales se decide que se presenten como afirmaciones y para la recogida de datos, las respuestas se plantearon con escala tipo Likert, por su usabilidad y simpleza, conjuntamente, en Céspedes *et al.* [18] reportan el uso de esta escala para cualificar y cuantificar percepciones. No obstante, también se destaca que los resultados deben tomarse con circunspección, porque tienden a aproximaciones, ya que ciertos estudios refieren que una de las desventajas de la escala Likert es la elección de la respuesta “de acuerdo”, debido a que no provoca fatiga cognitiva [19], sesgando la validez de los datos.

El contexto de esta indagación son estudiantes de nivel superior y posgrado, el rango de edad son 18-55 años, se encuestaron a 128 estudiantes, donde 60.2% eran de nivel licenciatura y 39.8% eran de posgrado; los encuestados fueron estudiantes de los siguientes países: México, Costa Rica, República Dominicana, Chile y Honduras. Se precisa que esta investigación no tiene la finalidad de generalización, en primer lugar, debido a que la muestra no es suficientemente representativa y además que es un muestreo por conglomerados, estudiantes de nivel licenciatura y posgrado de cinco países diferentes [20].

Resultados

En el cuadro 1.1 se muestran los resultados por ítem, los porcentajes referidos son los concebidos como valoraciones positivas, tal como: totalmente de acuerdo y de acuerdo, se elimina como respuesta positiva: “ni de acuerdo

ni en desacuerdo”, toda vez que se concuerda con Caceido y colaboradores [21] que, debido a la lasitud o desinterés, los encuestados se decantan por la respuesta neutral, restándole objetividad a la medición sobre percepciones, por ende, no puede considerarse una valoración positiva [21] (*vid. apéndice*).

Cuadro 1.1. *Análisis de las respuestas a partir del instrumento sobre las percepciones en torno al plagio con estudiantes de nivel superior y posgrado*

<i>Análisis de ítems</i>	<i>Identificador del componente en consonancia con MAR</i>	<i>Resultados porcentaje (%) de estudiantes que contestaron Totalmente de acuerdo y De acuerdo</i>
1. El plagio es una práctica antiacadémica y deshonestas.	Conocimiento	92.2 %, mayormente conocen que es una práctica académica no deseable.
2. Si plagio, me gustaría que la persona docente me hiciera ver la situación para evitar y erradicar esa práctica.	Actitud	92.2 %, mayormente los estudiantes están dispuestos para divisar sus áreas de mejora.
3. Si detecto que un compañero o compañera plagia las actividades de aprendizaje, le hago ver que es una práctica antiacadémica.	Actitud	71.9 % de los estudiantes tienen la postura de hacer visible a sus pares las áreas de mejora. Y reconocen que es una práctica antiacadémica.
4. La citación y referenciación es importante en la redacción académica.	Norma	93.7 % saben de la inexorable norma en la escritura académica sobre usar citas y referencias.
5. Todos mis profesores desincentivan el plagio mediante el uso de herramientas tecnológicas (Turnitin, PlagTracker, Quetext Plagiarism Checker).	Conocimiento	57.9 % de los estudiantes refieren que los profesores no usan recursos tecnológicos para mostrarles áreas de mejora en la escritura académica.
6. Todos los profesores deberían utilizar herramientas tecnológicas para detectar plagio.	Norma	75.8 % de los estudiantes, preferirían que se institucionalizara sobre que los profesores usaran herramientas tecnológicas para mejorar la escritura académica.
7. Si tomo ideas de otros y NO les doy crédito, es irrelevante para mi formación académica y profesional.	Creencia	37 %, es decir, una minoría, considera que no dar crédito a ideas de terceros no influye en su formación académico profesional. En contraste, se interpretaría que los que eligieron en desacuerdo y totalmente en desacuerdo, que fueron el 48.8 %, reconocen que reconocer las ideas de otros es fundamental para su formación académica y profesional.
8. Estaría de acuerdo en que la institución donde me formo: académica y profesionalmente, implementara acciones preventivas (talleres, infografías, videos) para erradicar la práctica de plagio en profesores y alumnos.	Norma	89 %, la mayoría de los estudiantes estaría de acuerdo en acciones formativas y de sensibilización ante la problemática sobre plagio.

<i>Análisis de ítems</i>	<i>Identificador del componente en consonancia con MAR</i>	<i>Resultados porcentaje (%) de estudiantes que contestaron Totalmente de acuerdo y De acuerdo</i>
9. Estaría de acuerdo en que la institución donde me formo: académica y profesionalmente, implementara acciones <u>correctivas</u> (reprobar la materia, sanción de acuerdo con el reglamento y la normatividad institucional) para erradicar la práctica de plagio en profesores y alumnos.	Norma	66.9 % de alumnos, estaría de acuerdo en acciones punitivas y correctivas.
10. Si la persona docente detecta una práctica antiacadémica (como el plagio), no se debe reflejar en las notas académicas, es decir, no se debe reprobar al estudiante.	Creencia	32.3 % de alumnos señala que no se debe reprobar por plagiar. Sólo un 33.8 % estaría de acuerdo con reprobar a los estudiantes. El resto es indiferente.
11. Una manera de provocar la reflexión en un estudiante es visibilizando la situación y hacerle ver que plagiar es una práctica académica deshonestas.	Actitud	92.2 % señalan que hay que visibilizar como deshonestidad académica el plagio.
12. Los casos de plagio: exhibidos de mi institución, dañan la imagen de los egresados.	Actitud	67.7 % de los estudiantes consideran que si hay daño a la imagen institucional.
13. Una de las funciones de la persona docente es revisar mis actividades académicas y mostrarme si tiene áreas de mejora, tales como: errores de citación y referenciación o si he cometido plagio.	Conocimiento	91.3 % reconocen la función del docente como instructiva.
14. Una de las funciones de la persona docente es revisar mis actividades académicas y mostrarme si tiene áreas de mejora, tales como: errores de citación y referenciación o si he cometido plagio.	Conocimiento	85.1 % reconocen la función del docente como formativa.

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Se logran analizar las percepciones del estudiantado de licenciatura y posgrado, desde el modelo de acción razonada, teniendo como componentes: el conocimiento, la normal, las creencias y las actitudes hacia el fenómeno plagio, así como las implicaciones y roles por parte de los estudiantes y profesores. A la luz de estos resultados, hay una tendencia a que mayormente el estudiantado manifiesta que conoce el fenómeno plagio y comprende que es una práctica antiacadémica, pero que es tarea del docente hacer uso de todos los recursos para evitar esta práctica. También los estudiantes mayoritariamente saben la relevancia sobre el uso de citas y referencias y dar

crédito a las ideas de terceros. No obstante, una minoría cree que plagiar no debe tener consecuencias en sus calificaciones. Así las cosas, los estudiantes refieren una actitud favorable hacia la formación para evitar cometer plagio, y están dispuestos a recibir realimentación de los profesores, siendo la actitud el parteaguas según González e Izquierdo [6] para mejorar, pero también la actitud se vincula a patrones conductuales, en este caso relacionados con la deshonestidad académica. Finalmente, los estudiantes perciben como una necesidad informar sobre el plagio, y también evalúan positivamente que los profesores hagan su función de formación académica y profesional, haciéndoles ver áreas de mejora, errores y eventuales prácticas deshonestas.

Agradecimientos

Este capítulo pertenece al Proyecto de Investigación No. 20231389, titulado “Las prácticas académicas de los estudiantes del posgrado en ciencias Física Educativa”, financiado por el Instituto Politécnico Nacional en la convocatoria para el Programa Especial de Consolidación de Investigadores 2023.

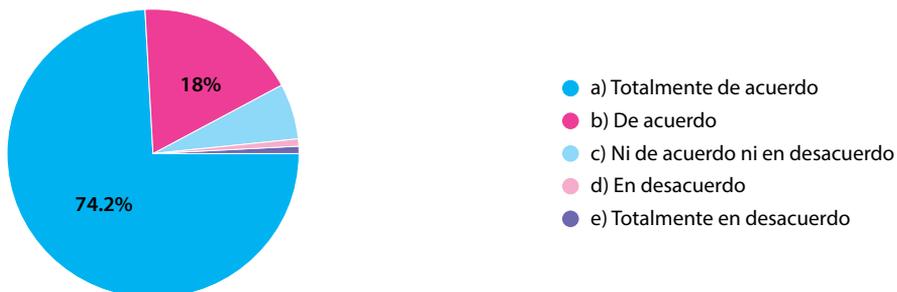
Referencias

- [1] Universidad de Guadalajara (U de G) (2018). México, en el lugar 107 de 108 en índice de lectura. U de G.
- [2] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2022). Módulo sobre Lectura (Molec). INEGI.
- [3] Carlino, P. (2005). *Escribir, leer y aprender en la universidad: Una introducción a la alfabetización académica*. FCE.
- [4] Carrasco Altamirano, A. C. (2023). Acompañamiento docente que pueda combatir el plagio. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 28(97), 636.
- [5] Inclan, C., Gantus, F., Yankelevich, J., y Vera, H. (2016). Plagio académico. *Perfiles Educativos*, 38(154), 4. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2016.154.61199>.
- [6] González, L., e Izquierdo, T. (2023). Aplicación de la teoría de la conducta planificada (TCP) en estudiantes universitarios. *Aula de Encuentro*, 25(1), 17.
- [7] Ajzen, I. (2011). The Theory of Planned Behaviour: Reactions and Reflections. *Psychology & Health*, 26(9), 1117.
- [8] Arias, F. G. (2018). Diferencia entre teoría, aproximación teórica, constructo y modelo teórico. *Actividad Física y Ciencias*, 10(2), 9.

- [9] Hagger, M. S. (2019). The Reasoned Action Approach and the Theories of Reasoned Action and Planned Behavior. En D. S. Dunn (ed.), *Oxford bibliographies in psychology*. Oxford University.
- [10] Real Academia Española (RAE) (2023). Conocimiento y actitud. *Diccionario de la lengua española* (23ª ed.). RAE. <https://dle.rae.es>.
- [11] Ortiz, G. (2007). Una definición muy general: Un comentario a la definición de creencia de Villoro. *Signos Filosóficos*, 9(18), 181.
- [12] Guevara, P. G., Verdesoto, A., y Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 166.
- [13] Namakforoosh, M. N. (2000). *Metodología de la investigación*. Limusa.
- [14] Zurita, U. (2023). Sobre el plagio: Reflexiones desde el ámbito académico. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 28(97), 674.
- [15] Porto, A. (2022). Uso de fuentes digitales y plagio en los trabajos académicos durante la pandemia. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 25(3), 66.
- [16] Escalante, J. L., y Martínez, S. (2022). Causas del plagio académico en estudiantes universitarios de educación: Percepción docente de una universidad dominicana. *Educare*, 26(3), 48. <https://doi.org/10.46498/reduipb.v26i3.1814>.
- [17] Oviedo, G. L. (2004). La definición del concepto de percepción en psicología con base en la teoría Gestalt. *Revista de Estudios Sociales*, (18), 90.
- [18] Céspedes, Y., Cortes, R., y Madrigal, M. (2011). Validación de un instrumento para medir la percepción de la calidad de los servicios farmacéuticos del Sistema Público de Salud de Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 20(2), 77.
- [19] Naupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., y Romero, H. (2013). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U.
- [20] Anguita, J. C., Labrador, J. R., Campos, J. D., Casas, J., Repullo, J., y Donado, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación: Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos. *Atención Primaria*, 31(8), 533.
- [21] Caicedo, A. J., García, A. F., Cedeno, J. J., y Bravo, J. (2022). Técnicas e instrumentos para la recolección de datos que apoyan a la investigación científica en tiempo de pandemia. *Dominio de las Ciencias*, 8(1), 58.

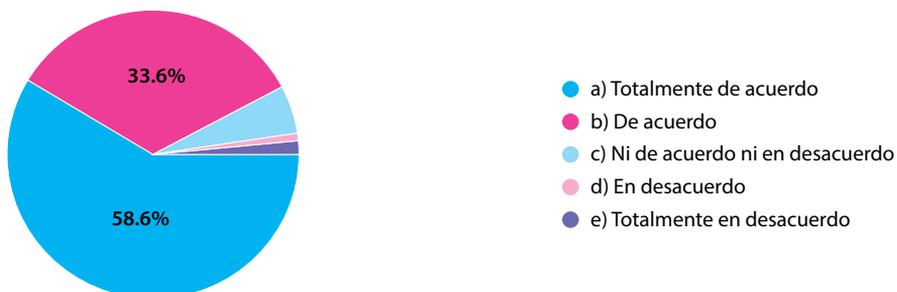
Apéndice

Figura A1. *Pregunta 1: El plagio es una práctica antiacadémica y deshonestas (128 respuestas)*



Fuente: elaboración propia.

Figura A2. *Pregunta 2: Si plagio me gustaría que la persona docente me hiciera ver la situación para evitar y erradicar esa práctica (128 respuestas)*



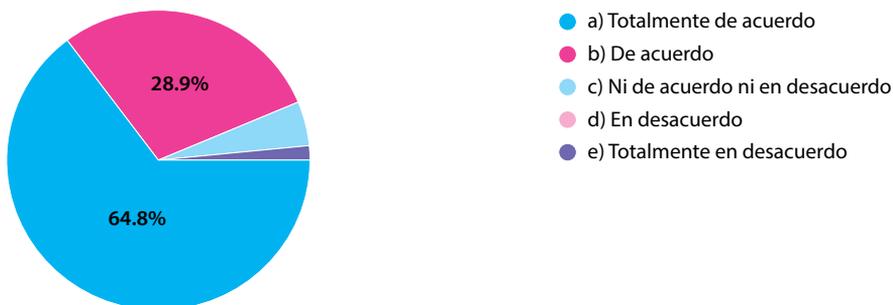
Fuente: elaboración propia.

Figura A3. *Pregunta 3: Si detecto que un compañero o compañera plagia las actividades de aprendizaje le hago ver que es una práctica antiacadémica (128 respuestas)*



Fuente: elaboración propia.

Figura A4. *Pregunta 4: La citación y referenciación es importante en la redacción académica (128 respuestas)*



Fuente: elaboración propia.

Figura A5. *Pregunta 5: Todos mis profesores desincentivan el plagio mediante el uso de herramientas tecnológicas (Turnitin, PlagTracker, Quetext Plagiarism Checker) (126 respuestas)*



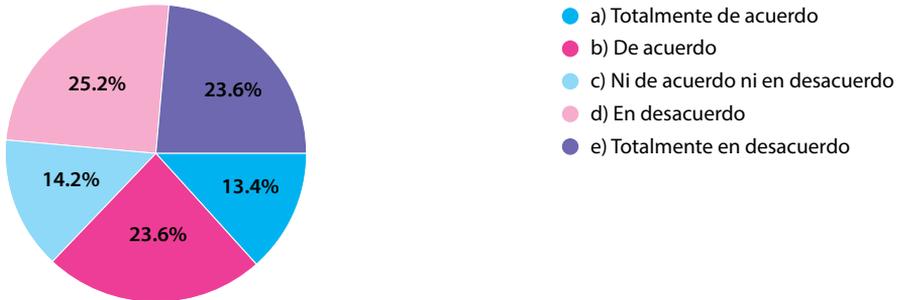
Fuente: elaboración propia.

Figura A6. *Pregunta 6: Todos los profesores deberían utilizar herramientas tecnológicas para detectar plagio (128 respuestas)*



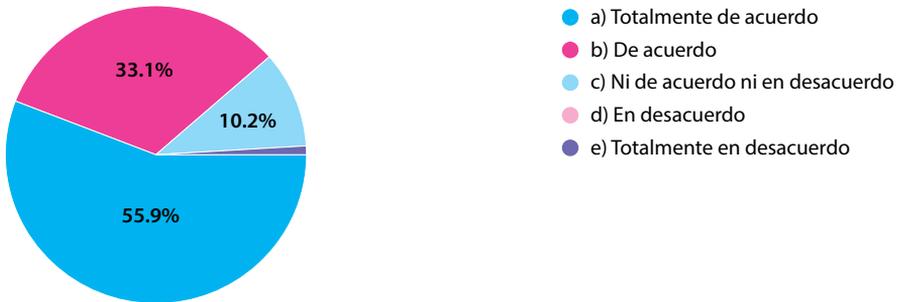
Fuente: elaboración propia.

Figura A7. Pregunta 7: Si tomo las ideas de otros y no les doy crédito es irrelevante para mi formación académica y profesional (127 respuestas)



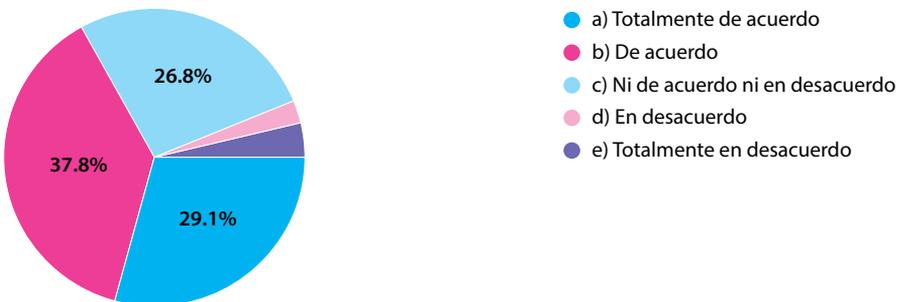
Fuente: elaboración propia.

Figura A8. Pregunta 8: Estaría de acuerdo con que la institución donde me formo académica y profesionalmente implementara acciones preventivas (talleres, infografías, videos) para erradicar la práctica del plagio en profesores y alumnos (127 respuestas)



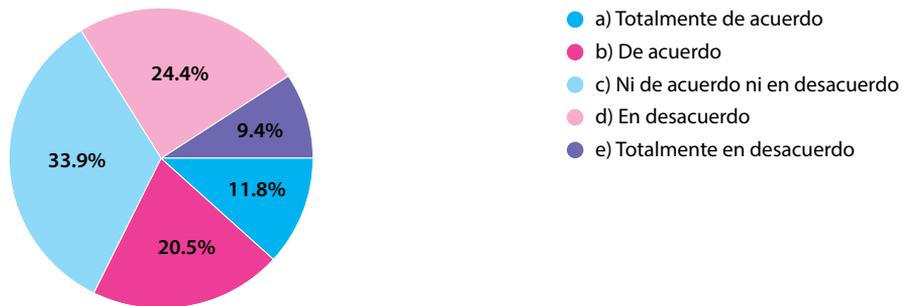
Fuente: elaboración propia.

Figura A9. Pregunta 9: Estaría de acuerdo con que la institución donde me formo académica y profesionalmente implementara acciones correctivas (reprobar la materia, sanción de acuerdo con el reglamento y normatividad institucional) para erradicar la práctica del plagio en profesores y alumnos (127 respuestas)



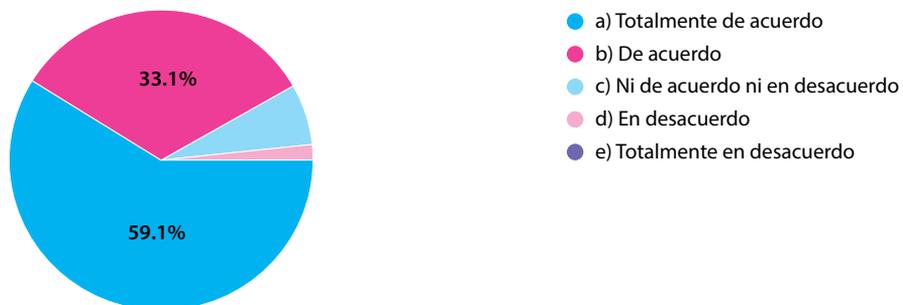
Fuente: elaboración propia.

Figura A10. *Pregunta 10: Si la persona docente detecta una práctica antiacadémica (como el plagio) no se debe reflejar en las notas académicas, es decir no se debe reprobar al estudiante (127 respuestas)*



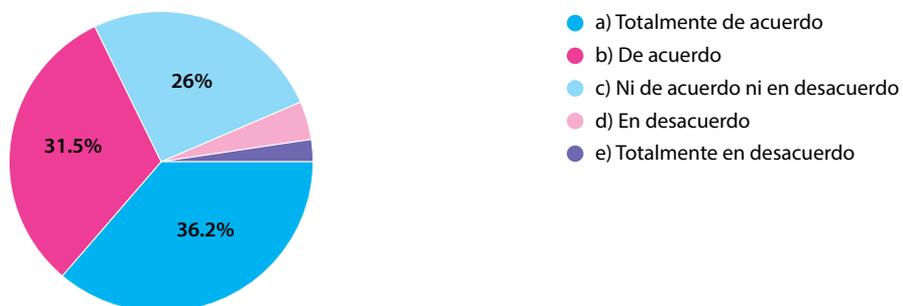
Fuente: elaboración propia.

Figura A11. *Pregunta 11: Una manera de provocar la reflexión en el estudiantes es visibilizando la situación y hacerle ver que plagiar es una práctica académica deshonesta (127 respuestas)*



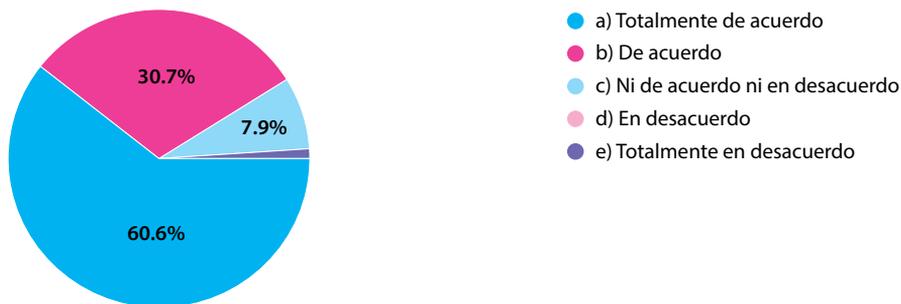
Fuente: elaboración propia.

Figura A12. *Pregunta 12: Los casos de plagio exhibidos en mi institución dañan la imagen de los egresados (127 respuestas)*



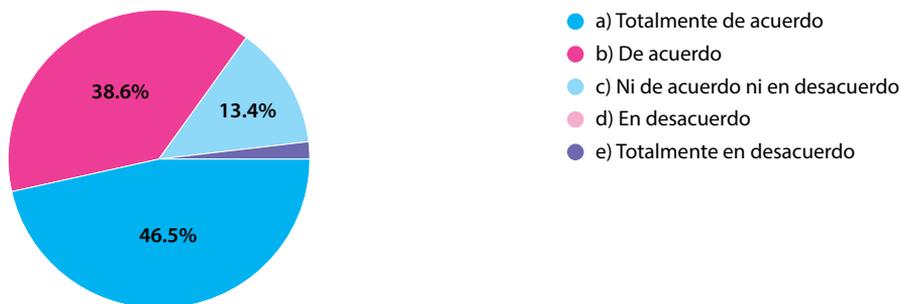
Fuente: elaboración propia.

Figura A13. *Pregunta 13: Una de las funciones de la persona docente es revisar mis actividades académicas y mostrarme si tiene áreas de mejora (tales como errores de citación y referenciación) o si he cometido plagio (127 respuestas)*



Fuente: elaboración propia.

Figura A14. *Pregunta 14: El fenómeno del plagio es competencia del estudiante (integridad académica), del docente (mostrar áreas de mejora) y de las instituciones (establecer reglamentos y sanciones cuando se trasgrede la normatividad) (127 respuestas)*



Fuente: elaboración propia.

2. Propuesta de estudio del nivel de logro de competencias mediante escenarios adaptados en ABP en laboratorio de electromagnetismo

VLADIMIR CAMELO AVEDOY*

MARIO HUMBERTO RAMÍREZ DÍAZ**

JOSÉ LUIS SANTANA FAJARDO ***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.02>

Resumen

La comprensión de los fenómenos magnéticos, de acuerdo con el modelo clásico de la física, no es sencillo para los estudiantes. Buscar nuevos recursos o dinámicas en la enseñanza de magnetismo permitiría un aprendizaje duradero y correcto. En este proyecto se implementarán escenarios adaptados en ABP en el curso de laboratorio de electromagnetismo de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guadalajara con la intención de producir mejora en el nivel de logro de competencias en el área de magnetismo. Para conocer el nivel de logro de competencias de magnetismo se elaborarán matrices de evaluación utilizando la taxonomía de Ribes.

Palabras clave: *magnetismo, dificultad de comprensión, escenarios adaptados en ABP, taxonomía de Ribes.*

* Maestro en Ciencias en Física. Profesor del Departamento de Física del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0119-3741>

** Doctor en Ciencias en Física Educativa. Profesor en el posgrado en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3459-2927>

*** Doctor en Ciencias en Física Educativa. Profesor asociado C del Departamento de Física del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7048-2648>

Introducción

Una de las ramas de la física de vital importancia para el área de la ingeniería es el electromagnetismo. Conocer su teoría y aplicación permite la existencia de aparatos tales como los hornos de microondas, televisión, teléfonos celulares, solo por mencionar algunos ejemplos. Para los estudiantes de ingenierías es de especial interés, ya que la aplicación de los temas que se abordan está fuertemente relacionada con sus actividades profesionales. Villavicencio [1] menciona que:

Adquieren gran relevancia si consideramos que es precisamente esta estrecha relación entre el electromagnetismo y el desarrollo de la ciencia y la tecnología la que hace que sea un tema de estudio obligado en todos los cursos de física que se imparten en los diferentes niveles educativos, pues la comprensión de los conceptos básicos de esta área de la física introducirá al estudiante al pensamiento científico y le proporcionará un mejor entendimiento del mundo que lo rodea y el vertiginoso avance tecnológico del que somos testigos.

El aprendizaje del electromagnetismo no es sencillo para los alumnos. Existen problemas de aprendizaje que la enseñanza tradicional no logra superar, y se agrava por el avance de la ciencia y la tecnología. Hay trabajos que evidencian dificultades en el aprendizaje de los estudiantes en fenómenos de inducción electromagnética de acuerdo con el modelo de la física clásica [2, 3], lo cual demuestra que los temas de magnetismo presentan problemas para el aprendizaje en los estudiantes.

La implementación de aprendizaje basado en proyectos (ABP) en las ciencias naturales ha dado buenos resultados [4], así como la implementación de escenarios en ABP para la enseñanza de las ciencias químicas [5], sin embargo, persisten dificultades de aprendizaje. Buscar nuevos recursos o dinámicas en la enseñanza de magnetismo permitiría un aprendizaje duradero y correcto.

De acuerdo con Lescano [6], las competencias se definen como las “capacidades que todo ser humano necesita para resolver, de manera eficaz y

autónoma, las situaciones de vida. Se fundamentan en un saber profundo, no sólo saber qué y saber cómo, sino saber ser persona en un mundo complejo y cambiante”. Más que acumular conocimiento, se busca saber qué hacer con lo que se sabe.

De acuerdo con Cerato y Gallino [7], existen dos tendencias en relación con la educación basada en competencias y son: el desarrollo de capital humano, que propone el tratamiento de competencias para el desempeño de las actividades o funciones de las personas en su puesto de trabajo, y el desarrollo humano, que propone la adquisición de competencias que fortalezcan de forma integral a las personas y su inserción en la sociedad.

La Universidad de Guadalajara (UdeG) ha desarrollado sus programas educativos con base en competencias. El objetivo de este trabajo es analizar el nivel de logro de competencias al implementar escenarios adaptados en ABP con la intención de mejorar el nivel de logro de competencias en el área de magnetismo en cursos de laboratorios de electromagnetismo en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) de la UdeG; para ello se elaborarán matrices de evaluación utilizando la taxonomía de Ribes, la cual ha sido poco explorada en el área de la física.

Marco teórico

Aprendizaje basado en proyectos (ABP)

Una herramienta efectiva en la enseñanza de las ciencias enfocada a la experimentación en los laboratorios es el ABP, que se presenta como alternativa a la enseñanza tradicional. Medina y Tapia [8] mencionan que “el Aprendizaje Basado en Proyectos es una metodología de enseñanza-aprendizaje, donde los estudiantes protagonizan su propio aprendizaje, desarrollando un proyecto que permita aplicar los saberes adquiridos sobre un producto o proceso específico, poniendo en práctica para resolver problemas reales”.

La importancia de la experimentación en el área de la física radica en la comprensión y comprobación de conceptos relacionados con ella. Osorio-Vélez *et al.* [9] mencionan que:

la experimentación se presenta como una posibilidad para aproximar a los estudiantes a la comprensión de conceptos relacionados con el electromagnetismo. No obstante, investigaciones sobre el papel de la actividad experimental en la enseñanza de la física coinciden en la importancia de hacer un abordaje distinto al que nos tiene acostumbrado el método tradicional.

De acuerdo con Muñoz-Repiso y Gómez-Pablos [10] “el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) puede definirse como una modalidad de enseñanza y aprendizaje centrada en tareas, un proceso compartido de negociación entre los participantes, siendo su objetivo principal la obtención de un producto final”.

El ABP es un “método de enseñanza-aprendizaje en el que los estudiantes llevan a cabo la realización de un proyecto en un tiempo determinado para resolver un problema o abordar una tarea mediante la planificación, diseño y realización de una serie de actividades” [11].

Su estructura podemos determinarla en 4 fases [11]:

1. *Información.* Los estudiantes recopilan, por diferentes fuentes, informaciones necesarias para la resolución de la tarea planeada.
2. *Planificación.* Elaboración del plan de trabajo, la estructuración del procedimiento metodológico, la planificación de los instrumentos y medios de trabajo, y elección entre las posibles variables o estrategias de solución a seguir.
3. *Realización.* Supone la acción experimental e investigadora, ejerciéndose y analizándose la acción creativa, autónoma y responsable.
4. *Evaluación.* Los estudiantes informan de los resultados conseguidos y conjuntamente con el profesor los discuten.

Escenarios

“Un escenario involucra a los alumnos de la misma manera como lo hacen en situaciones de la vida real, considera los contenidos y promueve las habilidades que les permitan recrear experiencias que les sean útiles para su vida futura” [5]. El escenario debe motivar a los estudiantes a ir más allá de las fuentes tradicionales de información.

Con base en la revisión de la literatura relacionada en escenarios [5, 12], para el diseño se consideraron las siguientes características:

- a) Debe generar interés en el alumno.
- b) Debe incluir el contenido del curso.
- c) El escenario se debe relacionar con el mundo real.
- d) Propicia la discusión entre los alumnos.
- e) Debe requerir el trabajo colaborativo.
- f) Debe generar preguntas desde el inicio del proyecto.

Los aspectos por considerar en la elaboración de los escenarios son: el contenido a cubrir, el nivel de los estudiantes, las semanas disponibles y la duración de la clase y el tamaño del grupo.

Los problemas y ejercicios que se resuelven en el aula de manera tradicional no favorecen el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico necesarias para enfrentar la vida real, ya que en un caso real los problemas a los que se afronta al estudiante no están bien estructurados. “Para promover en los alumnos la habilidad de confrontar situaciones ambiguas y no definidas, tan comunes en la vida diaria, es requisito que practiquen la solución de problemas no estructurados que muestren situaciones más allá del salón de clases” [5].

En este trabajo se propone adaptar escenarios en ABP en el curso de laboratorio de electromagnetismo para estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de CUCEI en la UdeG. El escenario propuesto se centra en los temas de magnetismo, ya que hay evidencia de dificultades de aprendizaje de los alumnos en dicho tópico. Se espera que el desempeño de los alumnos sea mejor al adaptar escenarios en ABP aplicando lo aprendido en magnetismo en un problema cercano a una situación real.

Taxonomía de Ribes

De acuerdo con Ribes y López [13], “todo comportamiento es resultado de la interacción de un sujeto con su medio ambiente”. Los comportamientos pueden ocurrir en distintos niveles funcionales. Rodríguez [14] menciona

que la “función se refiere a la forma en que cada elemento que participa de la interacción se relaciona con los otros, haciendo que cada parte sea cualitativamente distinta en importancia”. De tal manera que la respuesta de un alumno a un reactivo puede ser resultado de su desempeño en algún nivel funcional. La función tiene que ver con la complejidad o no complejidad del comportamiento.

De manera breve Rodríguez [14] muestra los cinco niveles funcionales que describe el modelo de campo con ejemplos de física.

En un primer nivel (**contextual**), se puede resolver un problema de cálculo de la energía potencial de un sistema de cargas puntuales por imitar y seguir los pasos del profesor, quien en clase resolvió un ejercicio parecido y se ha memorizado la fórmula. En un segundo nivel (**suplementario**), el alumno puede adecuar el procedimiento mecanizado para resolver pequeñas diferencias introducidas al problema. En un tercer nivel (**selector**), los problemas implican poder discriminar qué principio científico es válido o no. En un cuarto nivel (**sustitutivo referencial**), puede resolver problemas que involucren situaciones variadas y justificar por qué debe hacerse de esa forma y no de otra. Se compruebe el dominio del lenguaje técnico y la utilización correcta de los principios y convenciones científicas. En el quinto nivel (**sustitutivo no referencial**), el alumno no solo puede resolver correctamente el problema y justificar su procedimiento, sino que puede explicar el significado de sus resultados dentro de un marco conceptual científico amplio.

La taxonomía de Ribes no es solo para el aprendizaje, es más general; es para cualquier tipo de comportamiento.

Metodología experimental

Población

En este estudio participarán estudiantes del tercer semestre de las carreras de ingeniería industrial que cursan la materia de Laboratorio de Electromagnetismo del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara (UdeG).

Tamaño de la muestra

En el CUCEI existen 17 grupos de Laboratorio de Electromagnetismo; la cantidad de alumnos máximos permitidos registrados en dicha materia es de 20. Al ciclo escolar 2023A, hay un total 320 alumnos registrados en dicha materia, es decir, nuestra población es de 320 estudiantes.

Para realizar este trabajo únicamente trabajaremos con los grupos de los profesores que nos permitan realizar las actividades propuestas para el grupo control (GC) y el grupo experimental (GE). La muestra será tomada por conveniencia, ya que la integración de alumnos por grupos escapa del control del profesorado, por lo mismo no se puede generalizar a una población [15].

Con un nivel de confianza de 90% y un margen de error de 10%, tendremos un tamaño de la muestra de 56 encuestados [16].

Procedimiento

Grupo control. El desarrollo de actividades de laboratorio en un curso normal consiste en verificar experimentalmente fenómenos electromagnéticos que se relacionan con los temas que se muestra en el cuadro 2.1, para ello se utilizan manuales de prácticas elaboradas por la academia de electromagnetismo y aprobadas por el departamento de física del CUCEI. Al final del ciclo se evalúan todas las prácticas. En un grupo se impartirá el curso de Laboratorio de Electromagnetismo cumpliendo con el programa y los materiales aprobados por la institución, se llamará grupo control (GC). En el cuadro 2.1 se muestran los temas considerados para elaborar el manual de práctica.

Cuadro 2.1. *Temas de prácticas de Laboratorio de Electromagnetismo en un curso normal*

Núm.	Temas de prácticas del curso
1	Carga eléctrica y formas de electrización
2	Ley de Coulomb
3	Campo eléctrico
4	Potencial eléctrico
5	Propiedades de los aislantes
6	Capacitores

<i>Núm.</i>	<i>Temas de prácticas del curso</i>
7	Propiedades de los conductores
8	Osciloscopio
9	Leyes de Kirchhoff
10	Campo magnético
11	Fuerza magnética

Fuente: Vergara [17].

Grupo experimental. En otro grupo, además de cumplir con el contenido del curso aprobado por la institución hasta el tema de Leyes de Kirchhoff, ya que las siguientes corresponden a los temas de magnetismo que serán abordados por los escenarios propuestos, se implementarán los escenarios adaptados en ABP como parte de la evaluación, al cual llamaremos grupo experimental (GE). En el cuadro 2.2 se muestra la secuencia de los temas basados para la elaboración de los manuales de prácticas del curso hasta las Leyes de Kirchhoff. En la columna de la derecha se muestra la entrega del escenario en ABP al momento que se realiza la actividad con numeración 9.

Cuadro 2.2. *Temas de prácticas en un curso normal en la columna izquierda y propuesta en ABP en la columna derecha*

<i>Núm.</i>	<i>Temas de prácticas del curso</i>	<i>Propuesta en ABP</i>
1	Carga eléctrica y formas de electrización	
2	Ley de Coulomb	
3	Campo eléctrico	
4	Potencial eléctrico	
5	Propiedades de los aislantes	
6	Capacitores	
7	Propiedades de los conductores	
8	Osciloscopio	
9	Leyes de Kirchhoff	Escenarios en ABP
10		Discusión grupal de alumnos
11		Revisar avance y sugerencias
12		Revisar avance y sugerencias
13		Revisar avance y sugerencias
14		Presentación final proyecto ABP

Fuente: Propuesta en ABP, adaptado de Vergara [17].

Los GE no realizarán las prácticas que corresponden a los temas de magnetismo, ya que se implementarán los escenarios de magnetismo adaptados en ABP. En el presente trabajo se proponen tres escenarios que se verán más adelante; se implementarán en tres GE, uno por cada escenario. Es decir, se tendrá acceso a cuatro grupos de laboratorio, un GC y tres GE.

De acuerdo con Vergara [17] un grupo de cuatro o cinco personas permite “trabajar bien en el desarrollo de una actividad concreta. Es capaz de organizarse con rapidez y la comunicación fluye con celeridad” (p. 124). Por ello, idealmente los escenarios adaptados en ABP se realizarán en equipos de cuatro o cinco estudiantes.

Con la finalidad de dar seguimiento al desarrollo de los escenarios asignados a los equipos desde el primer día hasta la presentación final, se propone un calendario de avances y producto final de las actividades realizadas por los alumnos en los escenarios, el cual se encuentra en proceso de elaboración.

Elaboración de preescenario proyecto. En la etapa de análisis y planeación del escenario se deben plantear los objetivos de aprendizaje, identificar las fuentes de información, limitar la situación a resolver, identificar los perfiles de los actores involucrados, definir el tipo de escenario y, de acuerdo con las características propias, el profesor debe tomar en cuenta la materia, los temas, objetivos de aprendizaje, plantear proyectos antes de ser depurados y aplicados, identificar posibles concepciones erróneas de los alumnos, definir el proyecto, identificar preguntas esperadas por los alumnos, así como los saberes de aprendizaje, realizar investigación bibliografía de diferentes productos tecnológicos que basan su funcionamiento en los fenómenos físicos [5, 18, 19].

Después de seguir los puntos mencionados se llegó a la siguiente propuesta de proyecto escenario. Cabe señalar que, al ser un preescenario, podría tener modificaciones posteriores.

Cuadro 2.3. *Preescenarios propuestos al seguir la etapa de análisis*

<i>Grupo experimental</i>	<i>Preescenario</i>
GE1	Es empleado de una compañía de diseño y construcción de aerogeneradores eléctricos y se le pide elaborar un generador eólico con aspas no mayor a 30 cm de diámetro y que sea capaz de recargar celulares y baterías pequeñas de emergencia. Dicho aparato se implementará en zonas rurales de difícil acceso.
GE2	Un grupo de ingenieros, del cual formas parte, desea incursionar en la fábrica de ventiladores. Con dicho fin, se proponen construir un prototipo de ventilador de pedestal de velocidades cuyas aspas tengan 20 cm de diámetro. Para ello, deben diseñar y construir un motor económico para el ventilador con el fin de reducir costos.
GE3	Desea incursionar como proveedor de transformadores para un negocio de equipos domésticos en la Ciudad de México, para ello le solicitan diseñar y construir un transformador reductor que proporcione 3v, 6v y 9v de salida. Dicho aparato se utilizará en un equipo de sonido.

Fuente: elaboración propia.

Las siguientes actividades para el desarrollo de esta propuesta consisten en la validación de los preescenarios, elaboración de las secuencias didáctica y uso de la taxonomía de Ribes para realizar las matrices de evaluación, mismas que arrojarán información sobre las competencias y los saberes de los temas de magnetismo dentro del laboratorio de electromagnetismo.

Conclusión

Los dominios de los temas de magnetismo no son sencillos para los estudiantes. Buscar nuevas alternativas y recursos podría producir un dominio duradero y significativo. La implementación de escenarios adaptados en ABP en cursos de laboratorio de electromagnetismo es una alternativa para mejorar el nivel de logro de competencias de magnetismo en estudiantes del área de las ingenierías.

Agradecimientos

Vladimir Camelo Avedoy agradece el apoyo del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT).

Referencias

- [1] Villavicencio, R., y Uribe, R. (2017). Supervisión del aprendizaje situado: Camino hacia un modelo didáctico. En *Memoria del XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa*. Comie. <https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v14/doc/2755.pdf>.
- [2] Almudi García, J., Ceberio Garate, M., y Zubimendi Herranz, J. (2013, 9-13 de septiembre). Análisis de los argumentos elaborados por los estudiantes de cursos introductorios de física universitaria ante situaciones problemáticas pertenecientes al ámbito de la inducción electromagnética. *Memorias del IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*.
- [3] Agudelo-Rueda, J. A., Méndez-Merchan, G. A., y Melo, A. R. (2019). Dificultades en la relación enseñanza-aprendizaje del electromagnetismo en cursos introductorios de nivel universitario: Caso Universidad Católica de Colombia. *Encuentro de Ciencias Básicas*, 3, 31-41. <https://hdl.handle.net/10983/25223>.
- [4] Causil Vargas, L. A., y Rodríguez de la Barrera, A. E. (2021). Aprendizaje basado en proyectos (ABP): Experimentación en laboratorio, una metodología de enseñanza de las Ciencias Naturales. *Plumilla Educativa*, 27(1), 105-128. <https://doi.org/10.30554/pe.1.4204.2021>.
- [5] Romero, J. G., Rodríguez, A., y Gómez, J. (2008). Evaluación de escenarios para el aprendizaje basado en problemas (abp) en la asignatura de química de bachillerato. *Educación Química*, 19(3), 195-200. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2008.3.25830>.
- [6] Lescano, A., Demichelis, N., Culzoni, C., y Alegre, L. (2019). Propuestas para desarrollar competencias en el tema Óptica Geométrica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 457-463.
- [7] Cerato, A., y Gallino, M. (2013). Competencias genéricas en carreras de ingeniería. *Ciencia y Tecnología*, 13, 83-94.
- [8] Medina, A., y Tapia, M. (2017). El aprendizaje basado en proyectos una oportunidad para trabajar interdisciplinariamente. *Revista Científica Olimpia*, 14(46), 236-246.
- [9] Osorio-Vélez, B. E., Osorio-Vélez, J. A., Mejía-Aristizabal, L. S., Campillo-Figueroa, G. E., y Covalada, R. (2015). El papel de la actividad experimental en la enseñanza y aprendizaje del electromagnetismo en la educación superior. *Revista Científica*, 22(2), 85-96. <https://doi.org/10.14483/10.14483/udistrital.jour.RC.2015.22.a7>.
- [10] Muñoz-Repiso, A. G. V., y Gómez-Pablos, V. B. (2017). Aprendizaje basado en proyectos (ABP): Evaluación desde la perspectiva de alumnos de educación primaria. *Revista de Investigación Educativa*, 35(1), 113-131.
- [11] De Miguel Díaz, M. (dir.) (2005). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias: Orientaciones para promover el cambio metodológico en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Universidad de Oviedo.
- [12] Soto Don Juan, K. R. (2013). *Desarrollo de escenarios ABP física de secundaria segundo grado* [Tesis de Ingeniería en Telecomunicaciones]. Facultad de Ingeniería

- en Computación, UNAM, México. <http://132.248.9.195/ptd2014/febrero/0708699/0708699.pdf>.
- [13] Ribes, E., y López, F. (1985). *Teoría de la conducta: Un análisis de campo y paramétrico*. Trillas.
- [14] Rodríguez, M. E. (2000). *Hacia una taxonomía funcional del aprendizaje útil en la elaboración de exámenes objetivos* [Ponencia]. Foro-taller de políticas y criterios para exámenes de academia, CUCEI.
- [15] Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2016). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). Soriano, R. R. (1991). *Guía para realizar investigaciones sociales*. Plaza y Valdés.
- [16] Condori-Ojeda, P. (2020). *Universo, población y muestra* [Curso-taller]. <https://www.aacademica.org/cporfirio/18.pdf>.
- [17] Vergara Ramírez, J. J. (2016). *Aprendo porque quiero: El aprendizaje basado en proyectos (ABP), paso a paso*. SM.
- [18] Galeana de la O, L. (2016). *Aprendizaje basado en proyectos*. Universidad de Colima. <https://repositorio.21.edu.ar/bitstream/handle/ues21/12835/Aprendizaje%20basado%20en%20proyectos.pdf>.
- [19] Culzoni, C., Lescano, A., Demichelis, N., y Bircher, G. (2020). Propuesta didáctica para la enseñanza de electromagnetismo basada en competencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32(2), 1-10.

3. Integrando la metodología 4MAT y datos reales para la enseñanza de las leyes de Kepler en la escuela secundaria: Una propuesta de investigación

FERNANDA GONZÁLEZ-ERIVES*

SILVIA MAFFEY**

RICARDO GARCÍA-SALCEDO***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.03>

Resumen

Esta propuesta de investigación aborda la necesidad de integrar la astronomía en la educación secundaria, destacando la importancia de las leyes de Kepler en este contexto. Maestros y alumnos enfrentan desafíos al enseñar y comprender estos conceptos debido a su complejidad matemática. Aunque existen estrategias pedagógicas para otros niveles educativos, la escasez de enfoques efectivos para la secundaria es evidente. Para cerrar esta brecha, se propone la implementación de la metodología 4MAT, un enfoque pedagógico estructurado que abarca experiencias, conceptualización, aplicación y refinamiento. La investigación busca superar la distancia entre los conceptos abstractos y las aplicaciones prácticas en la enseñanza secundaria al integrar la metodología 4MAT y datos reales para enseñar las leyes de Kepler. Esta propuesta de trabajo incluye una secuencia didáctica inmersiva que conecta lo tangible con el aprendizaje teórico, mejorando la comprensión

* Alumna de la Maestría en Ciencias en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7009-8556>

** Doctora en Ciencias en Física Educativa. Profesora del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) No. 2 Miguel Bernard del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8770-6596>

*** Doctor en Ciencias (Física). Profesor del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0173-5466>

de este tema en los estudiantes. Este enfoque innovador, además de fomentar el pensamiento crítico, busca cultivar una actitud positiva hacia la ciencia. La investigación anticipa resultados alentadores tras la implementación de esta metodología, contribuyendo significativamente a la enseñanza de las leyes de Kepler en educación secundaria.

Palabras clave: *metodología 4MAT, leyes de Kepler, enseñanza.*

Introducción

En el contexto de la educación secundaria, la indagación en principios científicos avanzados cumple una función esencial al influir en el crecimiento intelectual de los estudiantes y estimular su pasión por la investigación en el ámbito científico [1]. Dentro de esta compleja serie de ideas, las leyes que describen cómo los planetas se mueven alrededor de las estrellas, conocidas como las leyes del movimiento planetario de Kepler, destacan como un pilar fundamental en el campo de la astronomía como ciencia íntimamente relacionada con la física [2]. Al comprender estas leyes, los alumnos acceden a un nivel profundo de entendimiento acerca de la dinámica cósmica que rige al universo del que formamos parte [3].

Las leyes establecidas por Kepler no se limitan a ser curiosidades académicas; más bien constituyen los cimientos de los sucesos astronómicos que siguen cautivando tanto a científicos como al público en general, manteniendo su capacidad de inspirar asombro [4], de anticipar las ubicaciones de los planetas hasta desentrañar la mecánica que subyace a los eclipses y los cambios estacionales. Las leyes establecidas por Kepler presentan una perspectiva hacia la armonía cósmica que moldea nuestro planeta. Propiciar en los alumnos de secundaria el desarrollo de la habilidad de comprender estas leyes favorece su comprensión científica y los empodera para involucrarse de manera crítica con el entorno natural.

Aunque son significativas, las leyes de Kepler frecuentemente resultan desafiantes para los estudiantes debido a la complejidad matemática y la naturaleza abstracta que las caracteriza [5][6][7]. Los estudiantes de nivel secundaria, quienes deben lidiar con múltiples asignaturas, podrían expe-

rimentar obstáculos al tratar de conectar los conceptos teóricos con sus aplicaciones en el mundo real.

Los estudiantes de educación secundaria en México, generalmente entre 12 y 15 años, adquieren conocimientos matemáticos básicos según los programas de estudio nacionales [8]. Estos conocimientos incluyen álgebra elemental, geometría y conceptos fundamentales de aritmética. Sin embargo, enfrentar las leyes de Kepler, que involucran conceptos más avanzados de geometría y cálculo, podría requerir una comprensión más profunda de las funciones matemáticas y la capacidad de manipular ecuaciones. Para abordar efectivamente las leyes de Kepler los estudiantes pueden beneficiarse de una sólida base en trigonometría y cálculo, que no siempre es parte integral del currículo de educación secundaria estándar. Por lo tanto, podría ser necesario un enfoque pedagógico específico y recursos adicionales para preparar a los estudiantes para comprender completamente y aplicar las leyes de Kepler, lo cual es parte del objetivo de esta propuesta de investigación.

En este sentido, la investigación en marcha, cuya primera etapa se reporta en este trabajo, busca probar la efectividad de la metodología 4MAT al diseñar e implementar una secuencia didáctica basada en esta, que abordar esta brecha pedagógica aprovechando el potencial de la metodología 4MAT dentro de una secuencia didáctica [9][10]. La brecha pedagógica en el contexto de enseñar las leyes de Kepler en estudiantes de secundaria se refiere a la disparidad entre los conocimientos matemáticos requeridos para comprender plenamente estas leyes y los conocimientos matemáticos que poseen los estudiantes en el momento. Esta discrepancia puede surgir debido a la complejidad matemática inherente a las leyes que describen el movimiento planetario, que a menudo involucran conceptos geométricos y cálculos específicos.

La brecha pedagógica implica que algunos estudiantes pueden no tener la base matemática necesaria para abordar adecuadamente las leyes de Kepler. Esto puede derivar en dificultades para entender los conceptos clave y aplicarlos a situaciones astronómicas reales. La identificación y la comprensión de esta brecha permiten a los educadores adaptar sus enfoques pedagógicos, proporcionar apoyo adicional y desarrollar estrategias específicas para cerrar esa disparidad y garantizar una comprensión más completa de las leyes de Kepler entre todos los estudiantes.

Mediante la utilización de distintos enfoques de enseñanza, la metodología 4MAT busca simplificar los aspectos complejos relacionados con las leyes de Kepler, con el objetivo de que sean más accesibles y atractivas para una gama más amplia de estudiantes en la educación secundaria. El empeño por mejorar la comprensión de estas leyes tiene importantes consecuencias para fomentar la competencia científica y estimular el análisis crítico, la curiosidad y una mayor valoración de las maravillas del universo.

La enseñanza de las leyes de Kepler mediante una secuencia didáctica meticulosamente elaborada resulta fundamental para superar estas limitaciones en comprensión y para incrementar el interés y la pasión de los estudiantes hacia la física y la astronomía. La elección de la metodología 4MAT se llevó a cabo con este propósito debido a su enfoque integral abarcando los distintos estilos de aprendizaje del modelo de Kolb, lo cual con lo que favorece que los alumnos se involucren activamente en su proceso de aprendizaje [11]. Esta metodología se fundamenta en cuatro fases: experiencia, conceptualización, aplicación y refinamiento. Cada fase se adapta para abordar las diversas modalidades de aprendizaje de los estudiantes, lo que les permite vivir, analizar, aplicar y consolidar los conocimientos adquiridos.

Uno de los pilares de esta propuesta de investigación es la utilización de datos astronómicos reales para enriquecer la secuencia didáctica diseñada para la enseñanza de las leyes de Kepler. Esta integración de datos auténticos se facilita a través del medio innovador de un observatorio virtual, que abre un portal al cosmos dentro de las paredes del aula. Este enfoque presenta una oportunidad excepcional para cerrar la brecha entre los principios teóricos abstractos y las aplicaciones tangibles del mundo real, elevando la experiencia de aprendizaje a nuevas dimensiones [12].

El concepto de observatorio virtual presenta a los estudiantes las herramientas y metodologías empleadas por los astrónomos para investigar las maravillas celestes. A través de esta plataforma digital, los estudiantes obtienen acceso a datos recopilados de varios telescopios y observatorios, lo que les permite interactuar y analizar conjuntos de datos que emplean los investigadores. El observatorio virtual trasciende así los límites de un aula tradicional, invitando a los estudiantes a participar activamente en el proceso científico [13].

Dentro de la secuencia didáctica, los datos astronómicos reales podrían manifestarse de múltiples maneras. Por ejemplo, los estudiantes podrían profundizar en conjuntos de datos que muestren los patrones orbitales de los planetas, analizando las mediciones precisas que llevaron a las leyes de Kepler en primer lugar. Alternativamente, podrían explorar las variaciones en el movimiento planetario, investigando las perturbaciones y anomalías que surgen debido a las interacciones gravitacionales entre los cuerpos celestes.

La integración de datos reales a través de un observatorio virtual se alinea perfectamente con los principios de la metodología 4MAT. Los trabajos sugieren que el modelo de enseñanza 4MAT puede integrarse eficazmente con la tecnología para mejorar el aprendizaje de los alumnos. Kelley [14] descubrió que el modelo 4MAT ayudaba a los profesores a diseñar actividades interactivas que mejoraban el interés y la motivación de los alumnos. Los estudiantes en la etapa de experiencia pueden interactuar con visualizaciones dinámicas y simulaciones que incorporan las leyes de Kepler. En la etapa de conceptualización, pueden profundizar en el contexto histórico y los fundamentos matemáticos de los datos, conectando los principios abstractos con la evidencia empírica. A medida que avanzan a la etapa de aplicación, los estudiantes pueden manipular los datos para hacer predicciones y probar hipótesis, dando vida a los conceptos teóricos. Finalmente, la etapa de refinamiento los alienta a comunicar sus hallazgos y conocimientos, fomentando el aprendizaje colaborativo y una comprensión más profunda.

Al incorporar datos astronómicos reales a través de un observatorio virtual, la secuencia didáctica adquiere una calidad inmersiva que resuena con la naturaleza inherentemente curiosa de los estudiantes. Enciende una sensación de asombro mientras los estudiantes navegan por el cosmos, haciendo que su viaje de aprendizaje sea informativo e inspirador. Al perfilar su propuesta de investigación, considere el potencial transformador de este enfoque para mejorar la comprensión y el compromiso de los estudiantes de secundaria con las leyes de Kepler y las maravillas del universo que revelan. Weber [15] destacó la aplicabilidad universal del modelo 4MAT y su capacidad para mejorar diversos tipos de cursos. En general, los artículos sugieren que la combinación del modelo 4MAT con la tecnología puede mejorar el aprendizaje y el compromiso de los alumnos.

Se pretende que la enseñanza de las leyes de Kepler a través de la secuencia didáctica propuesta sea esencial para superar estas barreras de comprensión y aumentar la motivación y el entusiasmo de los estudiantes hacia la física y la astronomía.

Revisión de literatura

Actualmente, la enseñanza de la física se centra en gran medida en un modelo predominante en el que una parte importante del tiempo de clase se dedica a conferencias dirigidas por profesores. Al mismo tiempo, las tareas con frecuencia consisten en problemas a resolver después del trabajo en el aula para su posterior revisión, que están estructurados de tal forma que su resolución no va más allá del uso de ecuaciones que modelan los fenómenos, pero trabajadas ya como fórmulas. La evaluación de los estudiantes, a su vez, suele facilitarse mediante cuestionarios, un componente que a menudo tiene un peso considerable a la hora de determinar las calificaciones finales. Está bien establecido, basándose en ideas de diversas fuentes autorizadas [16][17] que esta práctica da lugar a disparidades entre los resultados de aprendizaje previstos por los educadores y el nivel real de comprensión alcanzado por los estudiantes en la materia.

Las implicaciones del modelo pedagógico tradicional son discernibles. Inadvertidamente perpetúa una desconexión entre los objetivos de instrucción establecidos por los educadores y la genuina adquisición de conocimientos por parte de los alumnos. Esta divergencia puede atribuirse a la naturaleza mecanicista del marco de instrucción predominante que se enfoca en la aplicación de fórmulas sobre una comprensión holística de conceptos fundamentales. En consecuencia, los estudiantes pueden cumplir con los criterios para la resolución de problemas de memoria sin interiorizar verdaderamente los principios subyacentes que rigen la materia. Enseñar astronomía en estos grados suele ser un reto para los profesores de ciencias, ya que contiene temas complejos de la física que requieren comprensión de geometría tridimensional y dinámica, por lo que demanda avanzadas capacidades cognitivas en los estudiantes [18]. La ciencia incluye la observación de la organización y regularidad de los fenómenos naturales, que es un re-

quisito previo para la comprensión de los conocimientos científicos pertinentes. Después de aprender estos conceptos científicos, el camino está construido para que el estudiante observe el fenómeno de una manera nueva y pueda comprenderlo con mayor facilidad.

Se puede generar más intriga en torno al tema al facilitar oportunidades para que los estudiantes interactúen activamente y exploren estas leyes fundamentales dentro del aula. Un estudio de Lu *et al.* [19], titulado “Visualización de las leyes del movimiento planetario de Kepler”, subraya esta perspectiva. La investigación demuestra que mediante el uso de tecnología tridimensional (3D) para simular la gravitación universal de Newton, las leyes del movimiento planetario de Kepler pueden ilustrarse vívidamente en una superficie tangible. La introducción de esta tecnología mejora sustancialmente la viabilidad de investigar y visualizar estos principios físicos primordiales, brindando así a los estudiantes un encuentro directo e inmersivo con estas leyes.

Además, la aplicación de este enfoque conlleva ventajas adicionales, ya que los estudiantes manipulan activamente la información sobre los cuerpos celestes bajo escrutinio. Aprovechar los datos obtenidos del Observatorio Virtual, junto con una plataforma de planetario virtual como Stellarium o Celestia, tiene el potencial de producir resultados comparables, si no superiores, para los estudiantes inmersos en el aprendizaje de la física. La combinación dinámica de estos recursos anticipa una amplificación sinérgica de los resultados. A medida que los estudiantes aprovechan estas herramientas, su interacción con los datos astronómicos fomenta el cultivo de habilidades multifacéticas más del mero ámbito de la física. Esta integración no solo fomenta una comprensión profunda de las leyes de Kepler, sino que también fomenta el desarrollo de competencias analíticas críticas y la capacidad de sintetizar información compleja.

La metodología 4MAT es un marco de instrucción reconocido diseñado para considerar diversos estilos de aprendizaje a través de su modelo estructurado de cuatro fases: experimentar, conceptualizar, aplicar y refinar [10]. Esta progresión metódica garantiza una comprensión integral de la materia al sumergir a los estudiantes en actividades alineadas con sus fortalezas e inclinaciones. El uso del marco 4MAT en la enseñanza de las leyes de Kepler permite a los estudiantes interactuar con estas leyes, imbuyendo directa-

mente una comprensión experiencial. Posteriormente, se embarcan en el proceso de conceptualización, aprovechando ejemplos tangibles para internalizar el significado de las leyes. Esta comprensión luego se traslada al ámbito de la aplicación, donde los estudiantes emplean las leyes de Kepler para descifrar escenarios del mundo real. Por último, su comprensión se eleva a través de la fase de refinamiento, caracterizada por el análisis crítico y la resolución de problemas, que culmina en un dominio multifacético y enriquecido del tema.

Integrar datos auténticos en la secuencia didáctica es fundamental para unir las nociones teóricas abstractas y sus aplicaciones tangibles en el mundo real. Cuando un docente estructura su enfoque de instrucción basándose en el ciclo 4MAT, impulsa a los estudiantes a lo largo de una trayectoria de comprensión. Este avance se alinea con el marco subyacente de las cuatro preguntas centrales resumidas en cada cuadrante del modelo 4MAT: “por qué”, “qué”, “cómo” y “si”. Estas investigaciones secuenciales reflejan la progresión cognitiva inherente al aprendizaje humano en diversos temas [20].

Los conceptos erróneos sobre la mecánica celeste, incluidas las leyes de Kepler, prevalecen entre los estudiantes de secundaria. Clement [21] reveló que los estudiantes con frecuencia poseen nociones preconcebidas y equívocas sobre la correlación entre fuerza y aceleración, lo que potencialmente complica su comprensión de las leyes de Newton y Kepler. Woo *et al.* [22] demostraron además que los conceptos erróneos se extienden al movimiento de cuerpos celestes como la Tierra y la Luna, lo que subraya una deficiencia en la comprensión de la mecánica celeste. Noll [23] enfatizó que la enseñanza de las leyes de Kepler a menudo las presenta como declaraciones empíricas en lugar de deducirlas matemáticamente de la base de las leyes de conservación. El estudio de Winarti *et al.* [24] corroboró estos hallazgos, indicando que un sustancial 30% de los estudiantes de secundaria conservaba ideas erróneas sobre las leyes de Newton sobre el espacio exterior.

Existen varias formas de hacer que las leyes de Kepler sean más accesibles para los estudiantes. Noll [23] sugiere que estas pueden derivarse matemáticamente de las leyes de conservación, utilizando únicamente álgebra y geometría de la escuela secundaria. Gregorcic [7] propone utilizar una pizarra interactiva y un programa de software de espacio aislado basado en física (Algodo) para involucrar a los estudiantes en investigaciones cola-

borativas y manipular objetos virtuales para investigar las leyes de Kepler. Lyra [25] aboga por un enfoque histórico para la enseñanza de la segunda ley de Kepler, que combine la importancia del cambio de paradigma de la primera ley y la tendencia matemática de la tercera ley. Finalmente, Setyadin [26] identifica dificultades de aprendizaje comunes entre los estudiantes de K-10 cuando aprenden las leyes de Kepler, como comprender el significado físico de la primera ley y realizar operaciones matemáticas para derivar la ecuación de la tercera ley.

Existen varios puntos de vista sobre los enfoques pedagógicos para la enseñanza de las leyes de Kepler en la educación secundaria. Gibbs [27] aboga por emplear la vida y las contribuciones de Kepler como un conducto para impartir los principios científicos de “ideas y evidencia”. Haandel y Heckman [28] profundizan en la derivación matemática de las leyes de Kepler, dilucidando su interconexión con las leyes del movimiento de Newton. Iovane y Benedetto [29], por otro lado, introducen una perspectiva distintiva al proponer un proyecto docente orientado a la investigación. Este proyecto implica la construcción de una composición galileana para replicar el enigmático comportamiento rotacional de las galaxias. Aunque ninguno de estos artículos aborda directamente las estrategias óptimas para enseñar las leyes de Kepler en las escuelas secundarias, proporcionan diversas metodologías que podrían integrarse a la perfección en una estrategia pedagógica holística.

Por otro lado, el enfoque de instrucción 4MAT ha demostrado su destreza para mejorar el desempeño de los estudiantes y rectificar conceptos erróneos dentro del ámbito de la física. Uyangör [30] distinguió la eficacia superior del método 4MAT en comparación con los enfoques convencionales, lo que se manifiesta en un mejor rendimiento en los cursos de matemáticas y una mejor disposición hacia las matemáticas. Al mismo tiempo, el estudio de Ergin y Atasoy [31] reveló que el método 4MAT eclipsó a los métodos tradicionales, particularmente en la mitigación de conceptos erróneos sobre la electricidad entre los estudiantes de noveno grado. Aktaş y Bilgin [32] arrojaron luz sobre la supremacía del método 4MAT para reforzar el rendimiento y la motivación entre los estudiantes de séptimo grado mientras luchaban con las complejidades de la naturaleza particulada de la materia. Los hallazgos culminaron en la investigación de Alanazi [34], que subrayó la capacidad del método 4MAT para refinar notablemente la com-

preensión de las estudiantes de séptimo grado sobre las complejidades de la electricidad dentro del dominio de la física.

Una observación llamativa surge después de un escrutinio exhaustivo de la literatura existente: la metodología 4MAT permanece notoriamente ausente del panorama pedagógico para la enseñanza de las Leyes de Kepler en todos los niveles educativos. Esta comprensión subraya de forma enfática el nicho distintivo que nuestra propuesta de investigación busca ocupar. A medida que se profundiza en el tejido académico, se hace evidente que el trabajo que aquí se reseña no solo representa un esfuerzo pionero, sino también constituye una oportunidad fundamental para cerrar esta brecha. Dada esta clara ausencia y la alineación de nuestra investigación con este vacío, confiamos en que los próximos meses presenten un momento adecuado para embarcarnos en este esfuerzo. La fusión de la metodología 4MAT con las complejidades de las Leyes de Kepler aumenta la pertinencia de nuestra propuesta, haciéndola oportuna e imperativa dentro de la esfera de la física educativa.

Metodología

El entorno elegido para la presente investigación es en la Escuela Secundaria núm. 32, en la que se realizará la aplicación de esta estrategia didáctica con alumnos de diferentes grupos escolares. La secuencia didáctica se aplicará durante un periodo definido, con evaluaciones pre-post para medir la eficacia de la intervención. La evaluación del rendimiento, comprensión y actitudes de los estudiantes en relación con las leyes de Kepler se llevará a cabo de manera precisa y detallada con la aplicación de la metodología 4MAT en el aula de secundaria. Para evaluar el rendimiento, se emplearán pruebas específicas que medirán la capacidad de aplicar las leyes en situaciones prácticas. La comprensión será evaluada a través de actividades que requieran la explicación y aplicación de los conceptos, así como la resolución de problemas relacionados con las leyes astronómicas. Además, se implementarán encuestas y entrevistas para evaluar las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y las leyes estudiadas, proporcionando una evaluación completa y detallada de su desempeño en este importante tema.

El tipo de diseño de la investigación es cuasiexperimental, utilizando medidas pre y post intervención en un entorno de educación secundaria diversificado. Se seleccionará una muestra intencional que represente diversos perfiles y antecedentes de aprendizaje entre los estudiantes de diferentes aulas.

La recopilación de datos se llevará a cabo mediante evaluaciones previas y posteriores a la intervención, evaluando así la efectividad de la secuencia didáctica implementada. El objetivo central de este estudio es enriquecer el panorama educativo al destacar el potencial de la metodología 4MAT para mejorar tanto la comprensión como las actitudes de los estudiantes hacia las leyes de Kepler. Se espera que los resultados proporcionen evidencia empírica que respalde la eficacia de la metodología 4MAT para profundizar la comprensión de conceptos científicos complejos y transformar actitudes hacia la educación física. Al adoptar esta metodología de investigación integral, el estudio aspira a arrojar luz sobre el potencial transformador de la metodología 4MAT para mejorar la comprensión de las leyes de Kepler por parte de los estudiantes, cerrando la brecha entre el conocimiento teórico y la comprensión práctica.

Se presenta la secuencia didáctica en la que está trabajando, compuesta por cuatro fases que facilitan la aplicación del modelo 4MAT en el aula. Estas fases representan una estructura para planificar y presentar la información de manera más efectiva para todos los tipos de estudiantes. El modelo se divide en cuatro fases principales, cada una centrada en un aspecto específico del proceso de aprendizaje. A continuación se ofrece una breve explicación de lo que busca abordar cada fase de la secuencia didáctica aplicada al modelo 4MAT:

- **Fase 1: Despertar el interés y la motivación.** En esta etapa, el objetivo es generar interés y motivación en los estudiantes. Se introduce el contenido respondiendo a la pregunta: “¿Por qué debería aprender esto?”. Se dirige a aquellos estudiantes que prefieren un enfoque emocional, buscando comprender la relevancia y el propósito detrás del contenido.
- **Fase 2: Presentación de conceptos clave.** Durante esta fase, se presentan los conceptos e ideas clave. Responde a la pregunta: “¿Qué es

lo que necesito aprender?”. Está dirigida a estudiantes con un estilo de aprendizaje más analítico que prefieren comprender la lógica y la estructura detrás de la información.

- **Fase 3: Aplicación práctica del conocimiento.** Enfocándose en la aplicación práctica del conocimiento, esta fase responde a la pregunta: “¿Cómo puedo usar esto?”. Está destinada a estudiantes que aprenden mejor a través de la experiencia y la acción, prefiriendo aprender haciendo.
- **Fase 4: Conexión con situaciones del mundo real.** En esta fase, se busca conectar el nuevo conocimiento con situaciones del mundo real, respondiendo a la pregunta: “¿Y si...?”. Dirigida a estudiantes que valoran la aplicación práctica del conocimiento y buscan comprender cómo pueden utilizarlo en diversos contextos.

Secuencia didáctica

Fase 1: Experiencia (duración 45 min)

a) Introducción a las leyes de Kepler (9 min)

- Introducción dinámica: ¿Alguna vez se han preguntado por qué los planetas se mueven alrededor del Sol?
- Breve presentación de Johannes Kepler y su contribución a la astronomía.

b) Desarrollo (21 min)

- Primera ley de Kepler-ley de las Órbitas:
 - Explicación sencilla: los planetas siguen órbitas elípticas con el Sol en uno de los focos.
 - Ejemplo práctico: uso de una cuerda para trazar una órbita elíptica en el suelo.
- Segunda ley de Kepler-ley de las áreas:
 - Descripción de cómo un planeta barre áreas iguales en tiempos iguales.
 - Actividad interactiva: uso de tarjetas con áreas iguales para simular el movimiento planetario.

- Tercera ley de Kepler-ley de los periodos:
 - Explicación de que el cuadrado del periodo orbital de un planeta es proporcional al cubo de la longitud del semieje mayor de su órbita.
 - Representación gráfica: Crea un diagrama que muestre cómo el cuadrado del periodo (en un eje) está relacionado con el cubo del semieje mayor (en otro eje). Se puede usar diferentes colores o líneas para resaltar la relación proporcional.
- c) *Acceso al observatorio virtual (15 min)*: Introducción dinámica: ¿Te has preguntado como conocemos los datos astronómicos? Y ¿para qué sirven?
 - Presentación del observatorio virtual:
 - Explicación de que es un observatorio virtual y cómo acceder a él.
 - Hacer énfasis en la plataforma online específica que se utilizará.
 - Demostración práctica:
 - En la pizarra o pantalla, guiar a los estudiantes a través de los pasos iniciales para acceder al observatorio virtual.
 - Hacer énfasis en las secciones relevantes para la exploración de datos astronómicos.

Fase 2: Conceptualización (25 min)

- a) *Introducción a los conjuntos de datos (10 min)*:
 - Presentación de conjuntos de datos astronómicos que muestran los patrones orbitales de los planetas.
 - Explicación de las unidades utilizadas y las variables representadas en los datos.
- b) *Actividad guiada (10 min)*:
 - Los estudiantes analizan los datos en grupos pequeños, se proporciona a cada grupo un conjunto de datos específico para explorar y analizar.
 - Preguntas guía: ¿Qué patrones observan? ¿Cómo se relacionan los datos con la órbita de los planetas?
- c) *Debate y síntesis (5 min)*:
 - Discusión en clase para compartir hallazgos y observaciones.

- Resaltar la relación entre los datos astronómicos y las leyes de Kepler.

d) Tarea para el hogar:

- Reflexionar y escribir la respuesta de las siguientes preguntas: ¿Cómo crees que el entorno histórico influyó en las investigaciones de Kepler? ¿Por qué sus leyes eran revolucionarias en su tiempo?

Fase 3: Aplicación (35 min)

a) Actividades prácticas de predicción (15 min):

- Proporcionar datos astronómicos actuales del Observatorio Virtual.
- Los estudiantes deben utilizar estos datos para predecir las posiciones futuras de los planetas en el sistema solar.
- Preguntas guía: ¿Dónde estará Marte en tres meses? ¿Cómo afecta la órbita a estas predicciones?

b) Introducción a la geometría celeste (10 min):

- Breve revisión de conceptos geométricos relevantes para las órbitas planetarias.
- Uso de modelos visuales para explicar la forma de las órbitas elípticas.

c) Ejercicios prácticos (10 min):

- Proporcionar ejercicios que involucren la aplicación de fórmulas geométricas para comprender las características de las órbitas según las leyes de Kepler.
- Ejemplos prácticos: calcular excentricidad.

Fase 4: Refinamiento (30 min)

a) Presentación de hallazgos (15 min):

- Cada grupo comparte sus hallazgos, análisis y predicciones basadas en datos reales del Observatorio Virtual.
- Hacer énfasis en las conexiones con las leyes de Kepler.

b) Discusión grupal (15 min):

- Fomentar discusiones abiertas donde los estudiantes pueden cuestionar, debatir y consolidar su comprensión de las leyes de Kepler.

- Guiar preguntas: ¿Cómo se relacionan los datos con las leyes de Kepler? ¿Hubo patrones inesperados?
- c) *Proyecto final, tarea:*
- Selección de un planeta:
 - Cada estudiante elige un planeta del sistema solar para investigar.
 - Recopilación de datos del Observatorio Virtual:
 - Utilizar el Observatorio Virtual para obtener datos sobre la órbita del planeta seleccionado. Incluir información sobre el semieje mayor, excentricidad y otros detalles relevantes.
 - Aplicación de las Leyes de Kepler:
 - Aplicar las tres leyes de Kepler para explicar la órbita del planeta elegido. Utilizar fórmulas geométricas para calcular características como el periodo orbital.
 - Creación de una presentación o informe:
 - Comparar las características de la órbita del planeta seleccionado con las de otros planetas del sistema solar. Resaltar similitudes y diferencias, y explicar cómo estas comparaciones respaldan las leyes de Kepler. Preparar una presentación visual o un informe escrito que destaque los hallazgos y análisis.

Mediante la adopción de una secuencia didáctica basada en 4MAT que emplea datos reales, esta investigación contribuye a reducir la brecha entre los conceptos abstractos y las aplicaciones prácticas de las leyes de Kepler en los estudiantes de educación secundaria al proporcionar a los estudiantes experiencias de aprendizaje interactivas y a la vez, promueve las habilidades del pensamiento crítico y fomenta una actitud positiva hacia la ciencia.

Los estudiantes tendrán la oportunidad de explorar las leyes de Kepler mediante actividades experienciales, que incluyen simulaciones, experimentos prácticos y observaciones. Este enfoque de aprendizaje experimental les permite involucrarse directamente con las leyes, facilitando una comprensión más profunda de los conceptos subyacentes. Al ofrecer experiencias concretas, los alumnos pueden construir una base sólida de conocimientos y establecer conexiones entre ideas abstractas y fenómenos del mundo real. La fase de conceptualización de la metodología 4MAT fortalecerá la com-

preensión del tema entre los alumnos al proporcionar oportunidades para la reflexión, el debate y la elaboración de mapas conceptuales. Esta fase anima a los alumnos a analizar y sintetizar la información que han experimentado, facilitando la construcción de modelos mentales que se ajusten a las leyes de Kepler. Al relacionar las leyes con ejemplos familiares, los alumnos pueden comprender mejor los principios subyacentes.

La fase de aplicación de la secuencia didáctica permite a los alumnos aplicar las leyes de Kepler a escenarios del mundo real y a tareas de resolución de problemas. Utilizando datos reales, como observaciones astronómicas o trayectorias de satélites, los alumnos tendrán la oportunidad de analizar e interpretar la información, probar hipótesis y hacer predicciones basadas en los principios de las leyes de Kepler. Esta aplicación de los conocimientos en contextos prácticos favorece la transferencia del aprendizaje y ayuda a los alumnos a reconocer la relevancia y utilidad de los conceptos científicos.

La fase final de la metodología 4MAT, el perfeccionamiento, anima a los estudiantes a analizar críticamente su comprensión, identificar áreas de confusión o conceptos erróneos y buscar aclaraciones a través de investigaciones adicionales o debates colaborativos. Esta fase fomenta la metacognición y el aprendizaje autorregulado, permitiendo a los estudiantes refinar su comprensión de las leyes de Kepler y consolidar sus conocimientos.

La integración de datos reales en la secuencia didáctica proporciona un contexto auténtico para que los estudiantes se comprometan con los fenómenos científicos. Al analizar conjuntos de datos del mundo real, los estudiantes desarrollan habilidades de alfabetización de datos, aprenden a interpretar representaciones gráficas y sacan conclusiones basadas en pruebas. Este enfoque no solo refuerza los principios de las leyes de Kepler, sino que también cultiva las habilidades de investigación científica y anima a los estudiantes a pensar como científicos.

Conclusiones

En conclusión, la implementación de una secuencia didáctica basada en el modelo 4MAT, enriquecida con datos reales, presenta un enfoque promete-

dor para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las leyes de Kepler en la educación secundaria. Esta investigación está centrada en proporcionar a los estudiantes experiencias de aprendizaje interactivas y prácticas que les permitan comprender y aplicar los conceptos astronómicos de manera efectiva. Al incorporar diversos estilos de aprendizaje, actividades experienciales y aplicaciones del mundo real, se busca profundizar en la comprensión de los estudiantes, mejorar sus habilidades de resolución de problemas, aumentar su interés y motivación, y fomentar actitudes positivas hacia la ciencia. El objetivo es capacitar a los estudiantes para explorar, conceptualizar, aplicar y refinar su comprensión de las leyes de Kepler, proporcionándoles los conocimientos y las habilidades necesarios para comprometerse con conceptos científicos complejos y desarrollar una apreciación permanente de las maravillas del universo. Este trabajo representa un esfuerzo continuo en el ámbito de la educación científica, que se encuentra en proceso de implementación en un entorno educativo específico. La integración de la metodología 4MAT y datos reales en la secuencia didáctica ofrece una oportunidad única para cerrar la brecha entre los conceptos abstractos y las aplicaciones prácticas de las leyes de Kepler, proporcionando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje enriquecedora y significativa.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado parcialmente por el proyecto Fordecyt-Pronaces-Conacyt CF-MG-2558591. FG-E, agradece el apoyo proporcionado por el Conahcyt a través de la beca para estudios de posgrado. RG-s reconoce el apoyo que brindan los proyectos SIP20230505-IPN, SIP20240638 y las becas COFAA-IPN y EDI-IPN. Finalmente, SM agradece al proyecto SIP20232030.

Referencias

- [1] Llewellyn, D. (2005). *Teaching High School Science through Inquiry: A Case Study Approach*. Thousand Oaks.

- [2] Dutta, K. (2022). How Elliptical Orbits of Planets Clinch Newton's Laws of Motion and Gravitation. *Physics Education* (p. 58).
- [3] Matos, A. (2023). Studying Kepler's Laws Using GeoGebra Simulations. *Physics Education*.
- [4] Mosser, B. (2001). Kepler's Laws. *Encyclopedia of Astronomy & Astrophysics* (pp. 1-7).
- [5] Chapman, S. (1969). Kepler's Laws: Demonstration and Derivation without Calculus. *American Journal of Physics*, 1134-1144.
- [6] Provost, J., y Bracco, C. (2009). A Simple Derivation of Kepler's Laws without Solving Differential Equations. *European Journal of Physics*, 581.
- [7] Gregorcic, B. (2015). Exploring Kepler's Laws using an Interactive Whiteboard and Algodoo. *Physics Education*, 50(5), 511-515. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/5/511>.
- [8] Secretaría de Educación Pública (SEP) (2014). Secundaria: Programas de estudio. SEP. <https://www.gob.mx/sep/acciones-y-programas/secundaria-programas-de-estudio>.
- [9] Merrill, M. (2002). First Principles of Instruction. *Educational Technology Research and Development*, 43-59.
- [10] Gray, D., y Palmer, J. (2000). *Aplicación de principios de instrucción al aprendizaje basado en la web: La metodología 4mat*. Asociación para el Avance de la Computación en la Educación.
- [11] McCarthy, B. (1997). A Tale of Four Learners: 4mat's Learning Styles. *Educational Leadership*, 54(6).
- [12] White, J., y James, C. (2001). *The Virtual Observatory and Education: A View from the Classroom*.
- [13] Felemban, S., Gardner, M., y Callaghan, V. (2016). *Virtual Observation Lenses for Assessing Online Collaborative Learning Environment*.
- [14] Kelley, L. (1990). Using 4mat to Improve Staff Development, Curriculum Assessment, and Planning. *Educational Leadership*, 38-39.
- [15] Weber, P., y Weber, F. (1990). Using 4mat to Improve Student Presentations. *Educational Leadership*, 41-46.
- [16] Giordano, E. (2021). Una progresión de aprendizaje sobre ideas básicas entre física y astronomía. *Góndola*, 16(2). <https://doi.org/10.14483/23464712.17107>.
- [17] Solbes, J., y Palomar, R. (2013). Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Revista Brasileira de Ensino de Física*.
- [18] Yair, Y., Schur, Y., y Mintz, R. (2003). A "Thinking Journey" to the Planets Using Scientific Visualization Technologies: Implications to Astronomy Education. *Journal of Science Education and Technology*, 12, 43-49. <https://doi.org/10.1023/A:1022107627775>.
- [19] Lu, M., Su, J., Wang, W., y Lu, J. (2017). Visualization of Kepler's Laws of Planetary Motion. *Physics Education*, 52(2), 025006. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aa539e>.
- [20] Shaughnessy, M. (2013). An Interview with Bernice McCarthy: Creator of the 4matR System. *Journal of Social Sciences*, 196-198.

- [21] Clement, J. (1982). Students' Preconceptions in Introductory Mechanics. *American Journal of Physics*, 66-71.
- [22] Woo, J., Lee, H., y Min, J. (1995). The Types of Secondary School Students' Preconceptions on the Motion of the Earth and the Moon. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 15(4), 379-393.
- [23] Noll, E. (2002). Teaching Kepler's Laws as More than Empirical Statements. *Physics Education*, 245.
- [24] Winarti, W., Pardiyanto, E., y Kurnianto, F. (2021). Senior High School Students' Understanding of Newton's Laws in Outer Space: Identification of Misconceptions. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 10(2). <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v10i2.8997>.
- [25] Lyra, W. (2020). *A Historical Method Approach to Teaching Kepler's 2nd Law*.
- [26] Setyadin, A., Suryana, T., Utari, S., Efendi, R., Liliawati, W., y Utama, J. (2020). Identifying K-10 Students' Learning Difficulties on Learning Kepler's Law Using Worksheet: Is it Worth? *Journal of Physics: Conference Series*, 1467, 12051. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012051>.
- [27] Gibbs, M. (2005). Using the Life and Work of Kepler in Secondary Physics Teaching. *School Science Review*, 63-68.
- [28] Haandel, M., y Heckman, G. (2007). *Teaching the Kepler Laws for Freshmen*.
- [29] Iovane, G., y Benedetto, E. (2019). Keplerian Motion on a Carousel: A Research Teaching Project. *Afrika Matematika*, 30, 973-978. <https://doi.org/10.1007/s13370-019-00695-y>.
- [30] Uyangor, S. (2012). The Effectiveness of the 4mat Teaching Model upon Student Achievement and Attitude Levels. *International Journal of Research Studies in Education*, 1(2), 43-53. <https://doi.org/10.5861/ijrse.2012.v1i2.63>.
- [31] Ergin, S., y Atasoy, Ş. (2013). Comparative Analysis of the Effectiveness of 4Mat Teaching Method in Removing Pupils' Physics Misconceptions of Electricity. *Journal of Baltic Science Education*, 12(6), 730-746. <https://doi.org/10.33225/jbse/13.12.730>.
- [32] Aktas, I., y Bilgin, İ. (2015). The Effect of the 4mat Learning Model on the Achievement and Motivation of 7th Grade Students on the Subject of Particulate Nature of Matter and an Examination of Student Opinions on the Model. *Research in Science & Technological Education*, 33(1), 1-21. <https://doi.org/10.1080/02635143.2014.968536>.
- [33] Arteaga, E., Armada, L., y Del Sol, J. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio: Retos y sugerencias. *Universidad y Sociedad*, 8(1), 169-176.
- [34] Alanazi, F. (2020). The Effectiveness of the 4mat Teaching Approach in Enhancing Conceptions of Electricity in Physics for Female Students in the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of Turkish Science Education*, 17(2), 271-288. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.26>.
- [35] Reddy, M., y Panacharoensawad, B. (2017). Students Problem-Solving Difficulties and Implications in Physics: An Empirical Study on Influencing Factors. *Journal of Education and Practice*, 8(14), 59-62.

4. Desarrollo de un foro virtual para la mejora del pensamiento crítico en los conceptos de relatividad con estudiantes de bachillerato

GUILLERMINA ÁVILA GARCÍA*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.04>

Resumen

Este capítulo presenta los alcances en materia de proyecto de investigación y plantea como objetivo desarrollar las actividades propicias en un foro de discusión virtual para la mejora de las habilidades del pensamiento crítico en los conceptos de *relatividad* con estudiantes de bachillerato en el Instituto Politécnico Nacional a través del modelo ADDIE, que considera como primicia los temas de la cinemática clásica y el principio de equivalencia, la relatividad según Galileo y Einstein. Se articula la descripción del diseño instruccional con la modalidad *b-learning*, considerando los contenidos del plan y programa de estudios que aluden a la concatenación de las interacciones que realizan los estudiantes en un foro de discusión, las cuales son valoradas para identificar las habilidades de pensamiento crítico que desarrollan los estudiantes.

Palabras clave: *diseño instruccional, foro de discusión, pensamiento crítico, relatividad, secuencia didáctica.*

* Doctora en Ciencias con especialidad en Física Educativa. Profesora del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) No. 11 Wilfrido Massieu del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5229-3384>

Introducción

Actualmente, la revolución industrial 4.0 ha originado una nueva revolución que combina innovadoras técnicas de producción mediante el empleo de sistemas inteligentes que buscan integrarse con las organizaciones y las personas [1], asimismo, la educación 4.0 ofrece un análisis del aprendizaje prediciendo objetivos para favorecer una educación personalizada que atribuye a [2]:

- Conocimiento disciplinar profundo,
- Competencias disciplinares, transversales, de adaptación a una multiculturalidad,
- Adaptabilidad al cambio y a la frustración, y
- Habilidad de comunicación

Asimismo, según Retnaningsih [3] la visión de la educación 4.0 es motivar a los estudiantes a aprender no solo conocimientos y habilidades, sino a identificar fuentes de aprendizaje a partir de estos conocimientos y habilidades; también Cynthia *et al.* [4] explican que en un marco de aprendizaje del siglo XXI se describen habilidades, el conocimiento y la experiencia que los estudiantes deben dominar para tener éxito en el trabajo y en la vida; respecto a este punto, se enfatizan las habilidades del pensamiento y resolución de problemas, habilidades creativas y de innovación, habilidades de comunicación y colaboración, alfabetización en tecnologías de la información y la comunicación y habilidades de aprendizaje contextual [4].

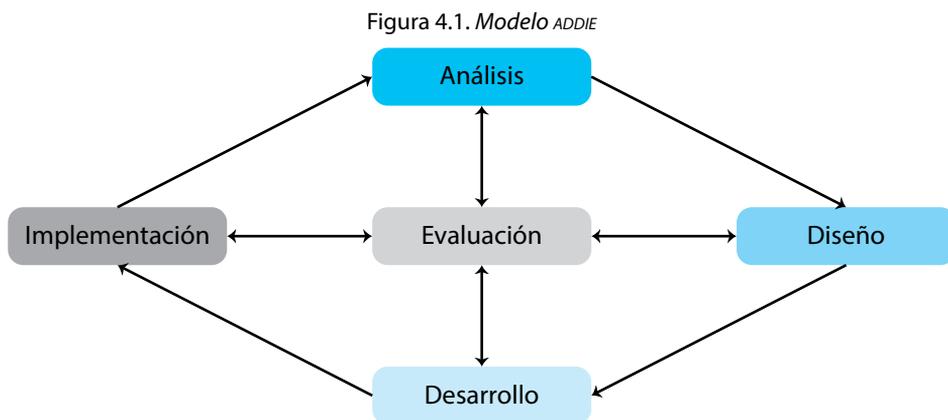
Por otro lado, la física como ciencia que analiza los fenómenos físicos naturales del entorno cotidiano y los fenómenos que ocurren en el universo requiere de un grado mayor de abstracción en función del nivel educativo de los estudiantes [4]. Para ello se requieren materiales digitales que se propongan al estudiante con el fin de coadyuvar al desarrollo del pensamiento crítico a través de un debate que se desarrolló con la propuesta de un foro de discusión virtual.

Por otro lado, la discusión asincrónica en línea facilitada puede proporcionar una forma constructiva y flexible de aprendizaje profesional y

apoyo a los estudiantes y puede ser una herramienta valiosa para que los educadores evalúen y mantengan actualizado el aprendizaje de la unidad de aprendizaje, pues indican que un factor clave para que los estudiantes participen en el aprendizaje en línea es a través de un entorno de aprendizaje propicio que permita los factores sociales, docentes y cognitivos efectivos [5, 6, 7, 8].

Asimismo, mediante un foro de discusión se puede proporcionar más tiempo de reflexión y una oportunidad potencialmente menos estresante para que los estudiantes y los facilitadores compartan sus pensamientos y opiniones que cuando se hace de forma presencial, aunque no necesariamente sea una participación significativa [5].

El siguiente punto para describir es el modelo ADDIE, que se reconoce como acrónimo de uso general de análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación como elementos del diseño instruccional [9]. El modelo ADDIE es un proceso con enfoque sistemático y centrado en el estudiante [10] y como guía para el desarrollo de productos educativos y recursos de aprendizaje [11]. La figura 4.1, muestra los elementos que comprende el modelo ADDIE que constituyen las fases interactivas que organizan el proceso instruccional [12].



Fuente: Morales *et al.* [12].

Las fases que componen al modelo [14] son:

- **Análisis.** El resultado de esta etapa en la lista de las tareas a realizar es el diseño del material educativo y consiste en un informe para todo diseñador instruccional; los elementos a considerar son: detectar el problema, tomar en cuenta el perfil de los involucrados, análisis de tareas, identificación de solución de formación, recursos disponibles, tiempo de disponibilidad, descripción de los criterios de evaluación.

La identificación de problema es el poco tiempo con el que se cuenta en el semestre para revisar a detalle los conceptos de relatividad [15], el tiempo de análisis de los estudiantes con situaciones planteadas en la relatividad son escasas, por lo que el foro de discusión virtual muestra una alternativa de desarrollo de pensamiento crítico. Conforme al diseño de la secuencia didáctica en torno al tema de relatividad y las actividades propuestas a través de la plataforma Moodle se elaboraron los criterios de evaluación.

- **Diseño.** Procede a desarrollar el programa atendiendo los criterios y principios didácticos, considerando los puntos: seleccionar los medios y sistemas para hacer llegar la información, trazar los objetivos de la unidad, el enfoque didáctico en general, planificar la formación, diseño de las actividades, diseño de actividades del estudiante, diseñar y desarrollar el proceso de evaluación. Se retomó el plan y programa de estudios [16] de la unidad de aprendizaje Física IV.
- **Desarrollo.** En esta etapa se genera, valida y desarrollan los recursos y/o contenidos de aprendizaje que son necesarios durante la implementación de todos los módulos de construcción, es decir, la elaboración y pruebas de materiales.

En esta etapa la autora de este capítulo realizó la búsqueda de los materiales y dos expertos en física educativa llevaron a cabo las revisiones y respectivas correcciones para colocarlos en la plataforma Moodle, espacio a cargo de la Dirección de Educación Virtual (DEV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), que fueron los encargados de dar apertura al espacio en Moodle y dar de alta a los estudiantes en el curso.

- **Implementación.** En esta fase se concreta el ambiente de aprendizaje y se involucran los estudiantes que considera: *a)* el plan de aprendizaje que emerge de la construcción real del conocimiento por parte del estudiante; *b)* el plan dirigido a los docentes que deberá facilitar las estrategias de enseñanza y los recursos de aprendizaje que han sido desarrollados en la fase previa; *c)* el plan de preparación que tiene como objetivo involucrar a los estudiantes y buscar impulsar la participación a la instrucción e interactuar eficazmente con los recursos de aprendizaje propuestos [11].

Esta fase tuvo lugar en la plataforma Moodle: <https://www.aula-polivirtual.ipn.mx/login/index.php> con actividades de lectura, principalmente materiales y videos de apoyo que permitieron la discusión en el foro de discusión.

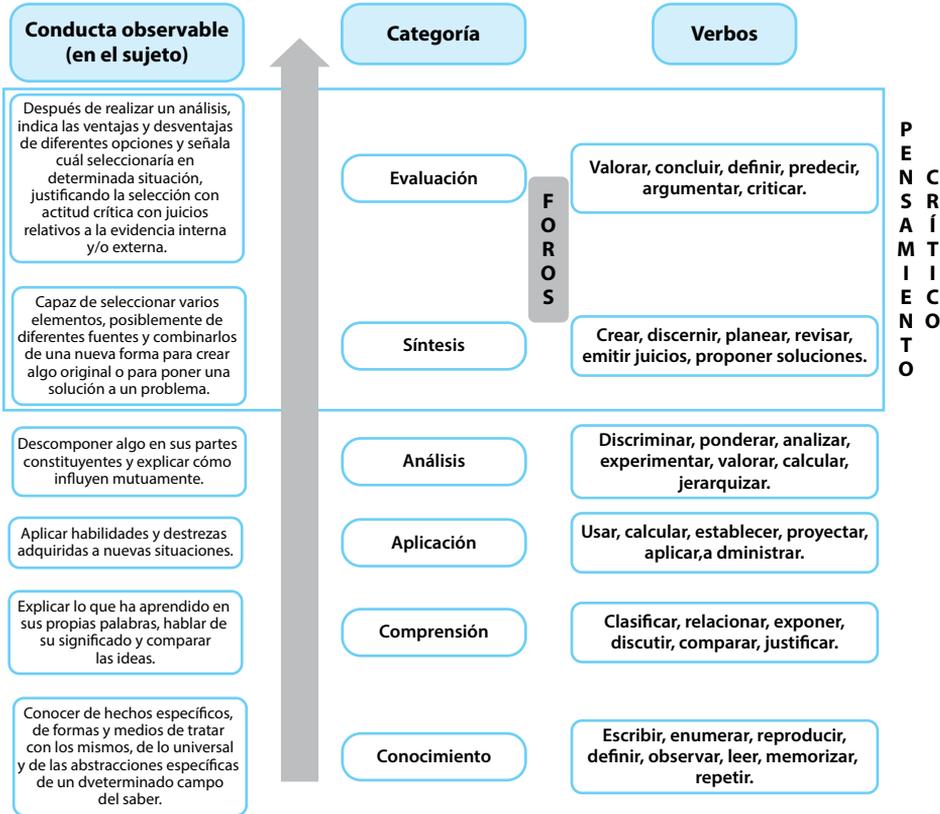
- **Evaluación.** Es una fase final y de las más importantes en todo el modelo, ya que permite valorar la calidad de los productos, así como los procesos de enseñanza y aprendizaje. Aquí se consideraron rúbricas de evaluación para destacar el pensamiento crítico que alcanzan los estudiantes durante el foro de discusión.

Pensamiento crítico

El pensamiento intelectualmente disciplinado se concibe a través de conceptualizar, aplicar, analizar, sintetizar y evaluar la información recabada a partir de la observación, experiencia, reflexión, razonamiento o comunicación [17], las habilidades del pensamiento crítico de interpretación como lo es en las gráficas como actividad inicial con los estudiantes, análisis y evaluación se encuentran descritas en el cuarto al sexto nivel de la taxonomía de Bloom, como se describe en la figura 4.2 [17].

La didáctica del pensamiento crítico requiere de un aprendizaje activo para la construcción del conocimiento, por ello es necesario que el estudiante lo internalice para poder aplicarlo y observar el valor del concepto adquirido [18].

Figura 4.2. Categorías de Bloom para el desarrollo del pensamiento crítico



Fuente: Núñez *et al.* [17].

Metodología: Diseño instruccional basado en el modelo ADDIE para el desarrollo del pensamiento crítico

En este apartado se muestra el modelo ADDIE en el proceso de enseñanza y aprendizaje en un ambiente *b-learning*, que combina la presencialidad y el ambiente virtual como referencia de cómo desarrollar el pensamiento crítico con estudiantes de bachillerato inscritos en modalidad escolarizada. A continuación se muestran las fases de dicha implementación basada en el modelo.

A. Fase de análisis

La problemática que aborda esta investigación es con estudiantes de bachillerato del CECyT 11, que presentan dificultades para cubrir el programa en tiempo y forma durante el semestre, que apunta a solo realizar investigaciones por parte de los estudiantes en los temas de física moderna [19], asimismo la población de estudiantes se compone por 50 estudiantes por grupo inscritos en sexto semestre de bachillerato (el cual es el último en la institución) y debido a esto, el tiempo de entrega de evaluación se ve reducido por la premura de entrega de promedios. Así, el enfoque metodológico que requiere la unidad de aprendizaje refiere a que los conceptos y el enfoque práctico sean útiles a lo largo de su vida y sobre todo potencialmente reflexivos y creativos que aprendan a partir de las actividades y experiencias desarrolladas en continua interacción con el objeto de conocimiento.

B. Fase de diseño

Identificación de los recursos pertinentes; en este caso, el ambiente virtual con el uso de la plataforma Moodle y diseño de materiales atractivos para enganchar la atención de los estudiantes en el estudio de la relatividad (principio de equivalencia), el diseño de una secuencia didáctica que enmarque los objetivos por cada actividad planteada.

Orientar a los estudiantes en la forma correcta con lecturas y materiales accesibles para ellos sin perder el nivel académico exigido por el plan y programa de estudios, además de considerar la dificultad propia del contenido, pero sobre todo las actividades que despierten el interés y en consecuencia la interacción de los contenidos propuestos.

Se elaboró la secuencia didáctica por parte de la docente autora de este trabajo, de tal forma que los diseñadores de la DEV tuvieran el formato que se muestra en el cuadro 4.1.

Tabla 4.1. Competencia general de la unidad de aprendizaje Física IV

Unidad de aprendizaje	Física IV	Nivel				Sexto
Horas totales del programa de estudios	Total de horas a la semana	Horas en aula		Horas en laboratorio o taller		Horas otros ambientes
		Presencial	Virtual	Presencial	Virtual	
90	5	2		2		1
Competencia general						
Verifica las leyes y los principios del electromagnetismo, ondas y física moderna, vinculándolas con situaciones de su entorno natural, científico y tecnológico						

Fuente: elaboración propia.

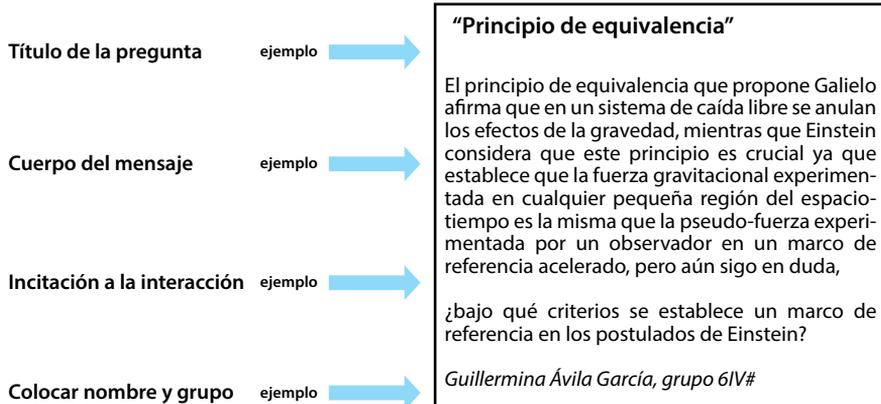
Considerando la competencia particular y el resultado de aprendizaje propuesto (RAP) que se muestra en el cuadro 4.2 [16].

Cuadro 4.2. Secuencia didáctica

No. 1
<p>Nombre de la actividad: Actividad diagnóstico "Análisis de gráficas"</p> <p>Propósito: Interpretar las gráficas relacionadas con los principios de la Relatividad.</p> <p>Tiempo (h): Una hora presencial y una hora virtual.</p> <p>Instrucciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> Se entrega una copia con diferentes tipos de gráficas con la finalidad de que el estudiante observe y selección de la gráfica afin con la situación planteada. <p>Criterios de evaluación: Selección correcta de la gráfica e indicando la interpretación de cada una de las gráficas planteadas.</p> <p>Instrumento o recurso: Lista de cotejo para evaluar la selección de gráficas realizadas por parte de los estudiantes.</p> <p>Evidencia: Relación de los principios de la Relatividad, mediante el uso de gráficas.</p> <p>Porcentaje: 10%.</p> <p>Actividades del docente: Orientación de las gráficas y algunos tips para saber si cumple con los criterios de que es una gráfica.</p>
No. 2
<p>Nombre de la actividad: Primer foro de discusión virtual "Interpretando gráficas"</p> <p>Propósito: Favorecer la expresión oral y escrita, el pensamiento crítico y reflexivo, su aprendizaje autónomo y el trabajo colaborativo (una adaptación del plan y programa de estudios 2008), en relación con la cinemática. Ejemplo de participación en el foro de discusión.</p> <p>Tiempo (h): Durante un mes; tiempo estimado de realización: 2 horas.</p> <p>Instrucciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> Apertura del foro de discusión, donde el docente señala las indicaciones de participación. Este es el espacio donde colocarán la solución de las gráficas que adjunto aquí mismo. Recuerden dar una cabal y cuidadosa respuesta con argumentos, que sostengan su respuesta. Además, pueden recurrir a otras fuentes de información siempre y cuando las citen en formato APA. Lean los criterios de evaluación anexos en este espacio. Este foro estará abierto del: 25 de abril al 10 de junio de 2023 hasta las 23:00. <p>Observa el siguiente ejemplo de participación:</p>

Figura 4.3

Ejemplo en el foro



Criterios de evaluación: Participación e interacción de acuerdo con lo estipulado en el mensaje ejemplo. Cumplimiento de la primera participación del estudiante, dos réplicas a dos compañeros.

Instrumento o recurso: Lista de cotejo para evaluar la participación e interacción de al menos dos réplicas en el foro, adjunta en el espacio de Moodle.

Evidencia: Foro de discusión en el espacio de Moodle.

Porcentaje: 10%.

Actividades del docente: Retroalimentación en el foro, sugerencias de investigación u otros materiales que puedan apoyar al estudiante a la argumentación.

No. 3

Nombre de la actividad: "Lectura de Relatividad"

Propósito: Facilitar a los estudiantes el conocimiento de conceptos de Relatividad a través de las lecturas propuestas para el proceso del desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo para la Identificación de los postulados de la Relatividad basadas en la teoría de Galileo y Einstein".

Tiempo (h): Durante un mes; tiempo estimado de realización: 2 horas.

Instrucciones:

1. Indicaciones para llevar a cabo la lectura, también se indica que tienen acceso al material que comprende un compendio de información basada en el tema y conceptos de relatividad.
2. Sugerencias de toma de notas para investigar o preguntar dentro del foro de discusión que se habilitará posterior a la lectura.

Criterios de evaluación: Apunte con conjeturas realizadas por parte de los estudiantes que puede ser mediante un padlet o bloc de notas.

Instrumento o recurso: Lista de control de lectura.

Evidencia: Padlet con notas e investigación o aportaciones de los estudiantes.

Porcentaje: 10%.

Actividades del docente: Retroalimentación de parte del docente a través de la calificación mediante el foro

No. 4

Nombre de la actividad: "Glosario de Relatividad"

Propósito: Reconoce y recopila los conceptos básicos de los postulados de Relatividad con la finalidad de relacionar los conceptos estudiados y las aportaciones en el foro de discusión.

Tiempo (h): Durante un mes; tiempo estimado de realización: 2 horas.

Instrucciones:

1. De acuerdo con la lectura, material alojado en la plataforma Moodle, incluso tus investigaciones, elabora un glosario con los conceptos más relevantes hasta el momento.
2. Registra al menos 3 palabras de las que consideres que no hay un concepto y que haya llamado tu atención.
3. Recuerda revisar todo el glosario antes de tu participación, ya que no se debe repetir algún concepto.

Criterios de evaluación: Participación e interacción de acuerdo con los lineamientos establecidos para la elaboración del glosario, al menos cada estudiante debe presentar un mínimo de tres conceptos en el glosario sin repeticiones.

Instrumento o recurso: Lista de cotejo para evaluar la participación en el glosario.

Evidencia: Tres conceptos diferentes en el glosario por cada participación del estudiante.

Porcentaje: 10%.

Actividades del docente: Interacción en el glosario y en clase presencial recordar la importancia de los conceptos de relatividad.

No. 5

Nombre de la actividad: Experimentación "Caída libre"

Propósito: Propiciar en los estudiantes la observación de los fenómenos físicos con la finalidad de que relacionen el lenguaje simbólico, gráfico con el uso de tablas y diagramas a partir del uso del *software*, respecto a la cinemática.

Tiempo (h): Durante un mes; tiempo estimado de realización: una hora en ambiente presencial y tres horas en virtual.

Instrucciones:

1. Plantea las condiciones de la actividad de movimiento que propones para hacer un video como máximo 30 segundos de duración (preferentemente 10 segundos).
2. Sigue cuidadosamente el movimiento y grábalo con tu celular.
3. En el entorno de Tracker elige un plano de grabación fijo y las variables consideradas en clase para iniciar con el análisis.
4. Interpreta las gráficas respecto a la posición, aceleración y el tiempo. Recuerda el primer ejercicio realizado.
5. Compara esto datos con la teoría que ya conoces o bien con lo que has investigado sobre caída libre.
6. Analiza la variación que presentan las gráficas.
7. Escribe y compara los hallazgos de cada gráfica, durante tu experimento y sobre todo con la lectura de "Relatividad".
8. Redacta al menos 250 palabras de conclusiones.

Que debes adjuntar en el espacio de Moodle:

- a) Archivo del video del experimento.
- b) Archivo generado de Tracker.
- c) Archivo con imágenes del fenómeno y las gráficas con Tracker, con interpretación.

Criterios de evaluación: Tres archivos adjuntos con los lineamientos descritos en plataforma.

Instrumento o recurso: Rúbrica de evaluación

Evidencia: Los tres archivos con los respectivos lineamientos cada uno.

Porcentaje: 20%.

Actividades del docente: Realimentación de la información (en forma presencial) y atención a posibles dudas por parte de los estudiantes.

No. 6

Nombre de la actividad: Segundo foro de discusión "Principio de equivalencia"

Propósito: Favorecer la expresión oral y escrita, el pensamiento crítico y reflexivo, su aprendizaje autónomo y el trabajo colaborativo (una adaptación del plan y programa de estudios 2008), en relación con el Principio de equivalencia.

Tiempo (h): Durante un mes; tiempo estimado de realización: 2 horas.

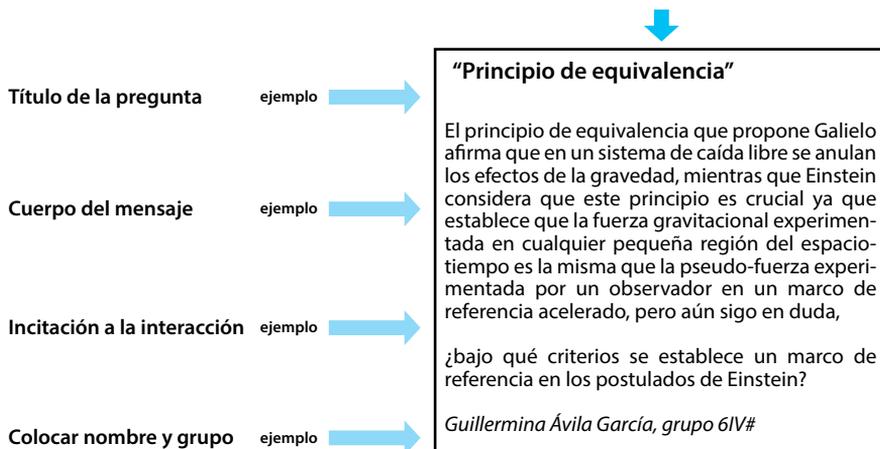
Instrucciones:

1. Apertura del foro de discusión, donde el docente señala las indicaciones de participación.
2. Este es el espacio donde escribirán su postura acerca del Principio de equivalencia y que previamente han leído y aportado en las actividades previas a este foro.
3. Recuerden dar una cabal y cuidadosa respuesta con argumentos, que sostengan su respuesta. Además, pueden recurrir a otras fuentes de información siempre y cuando las citen en formato APA.
4. Lean los criterios de evaluación anexos en este espacio.
5. Este foro estará abierto dos semanas a partir de la apertura.

Observa el siguiente ejemplo de participación:

Figura 4.4

Ejemplo en el foro



Criterios de evaluación: Participación e interacción de acuerdo con lo estipulado en el mensaje ejemplo.

Cumplimiento de la primera participación del estudiante, dos réplicas a dos compañeros.

Instrumento o recurso: Lista de cotejo para evaluar la participación e interacción de al menos dos réplicas en el foro, adjunta en el espacio de Moodle.

Evidencia: Foro de discusión en el espacio de Moodle.

Porcentaje: 10%.

No. 7

Nombre de la actividad: Experimentación "Principio de equivalencia con Phyphox"

Propósito: Propiciar en los estudiantes la observación de los fenómenos físicos con la finalidad de que relacionen el lenguaje simbólico, gráfico con el uso de tablas y diagramas a partir del uso del *software*, respecto al principio de equivalencia.

Tiempo (h): Durante un mes; el tiempo estimado de realización: presencial (1 hora), virtual (3 horas).

Instrucciones:

1. Primero descarga la siguiente aplicación en tu celular Phyphox, es muy sencillo y sobre todo gratuito.
2. Como podrás notar, tiene muchas aplicaciones, pero nosotros nos enfocaremos a la de aceleración, para lo cual debes ver el siguiente video, donde se explica el Principio de Equivalencia. <https://www.youtube.com/watch?v=zp8FZH2inL0&t=1s>
3. Una vez que hayas realizado el experimento, debes integrar en este espacio, lo siguiente:
 - a) Archivo Word donde coloques las imágenes del experimento y expliques qué sucedió, cómo explicas la caída libre desde este punto de vista, integra las gráficas generadas en Phyphox y la interpretación acerca de la aceleración.
 - b) Archivo del video del experimento donde estes explicando.

Criterios de evaluación: Tres archivos adjuntos con los lineamientos descritos en plataforma.

Instrumento o recurso: Rúbrica de evaluación

Evidencia: Los dos archivos con los respectivos lineamientos cada uno.

Porcentaje: 20%.

Actividades del docente: En clase se orienta a los estudiantes con sugerencias para la realización del experimento y el uso de la aplicación de Phyphox.

No. 8

Nombre de la actividad: Tercer foro de discusión "Principio de Galileo vs Principio de Einstein"

Propósito: Favorecer la expresión oral y escrita, el pensamiento crítico y reflexivo, su aprendizaje autónomo y el trabajo colaborativo (una adaptación del plan y programa de estudios 2008), considerando: Principio de equivalencia Einstein y Galileo, y los trabajos previos de cinemática y principio de equivalencia.

Tiempo (h): Durante un mes; tiempo estimado de realización: 2 horas.

Instrucciones:

1. Apertura del foro de discusión, donde el docente señala las indicaciones de participación.
2. Realiza un cuadro comparativo señalando diferencias y similitudes entre estas dos teorías, comparte en el foro este cuadro para iniciar la discusión del tema.
3. Recuerden dar una cabal y cuidadosa respuesta con argumentos, que sostengan su respuesta. Además, pueden recurrir a otras fuentes de información siempre y cuando las citen en formato APA.
4. Lean los criterios de evaluación anexos en este espacio.
5. Este foro estará abierto dos semanas a partir de la apertura.

Observa el siguiente ejemplo de participación:

Figura 4.5

Ejemplo en el foro

Título de la pregunta

ejemplo



Cuerpo del mensaje

ejemplo



Incitación a la interacción

ejemplo



Colocar nombre y grupo

ejemplo



"Principio de equivalencia"

El principio de equivalencia que propone Galileo afirma que en un sistema de caída libre se anulan los efectos de la gravedad, mientras que Einstein considera que este principio es crucial ya que establece que la fuerza gravitacional experimentada en cualquier pequeña región del espacio-tiempo es la misma que la pseudo-fuerza experimentada por un observador en un marco de referencia acelerado, pero aún sigo en duda,

¿bajo qué criterios se establece un marco de referencia en los postulados de Einstein?

Guillermina Ávila García, grupo 6IV#

Criterios de evaluación: Participación e interacción de acuerdo con lo estipulado en el mensaje ejemplo.

Cumplimiento de la primera participación del estudiante, dos réplicas a dos compañeros.

Instrumento o recurso: Lista de cotejo para evaluar la participación e interacción de al menos dos réplicas en el foro, adjunta en el espacio de Moodle.

Evidencia: Foro de discusión en el espacio de Moodle.

Porcentaje: 10%.

Fuente: elaboración propia.

Población y muestra

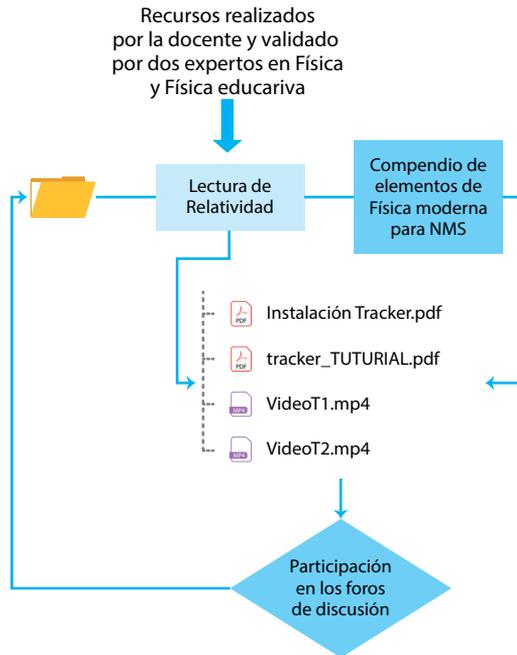
La población atendida fue de tres grupos de sexto semestre inscritos en modalidad escolarizada; los grupos se inscribieron de forma voluntaria y con el fin de obtener un incentivo al final de su calificación de acuerdo con la evidencia de aprendizaje presentada. En total fueron 25 estudiantes, de los cuales fueron nueve mujeres y 16 hombres.

C. Fase de desarrollo

Para el uso de la plataforma Moodle del IPN se elaboró la secuencia didáctica y la compilación de todos los materiales digitales como: compendio de

lecturas, videos, tutoriales para que con el apoyo de la DEV del IPN se diseñara el espacio donde se alojarían los recursos. En la figura 4.6, se resume el diseño de materiales y que aparecen en la plataforma Moodle.

Figura 4.6. Recursos y materiales alojados en la plataforma Moodle



Fuente: elaboración propia.

D. Fase de implementación

La fase de implementación se caracterizó por:

- Publicación del módulo mediante Moodle.
- Monitoreo y seguimiento de los procesos de aprendizaje a través de las actividades propuestas en la secuencia didáctica, que toma en cuenta como base el plan de clase, el cual fue revisado y autorizado por la DEV.

- Evaluación del proceso.
- Las correcciones de errores y ajustes fueron atendidas de modo inmediato por parte de la DEV (en cuestión del diseño) y en cuanto a contenido por parte de la docente.

E. Fase de evaluación

Esta es una de las fases más importantes ya que se analizó si el estudiante logró alcanzar los objetivos a través de cada actividad planteada, principalmente el desarrollo de las habilidades del pensamiento crítico en los conceptos de relatividad y para ello se consideraron los verbos de la taxonomía de Bloom descritos anteriormente.

Resultados y discusión

Los resultados alcanzados en esta implementación que parten de un marco teórico basado en el modelo ADDIE como diseño instruccional para el desarrollo del pensamiento crítico permitieron alcanzar el objetivo planteado a través de la formulación de actividades que decantan en el uso de la plataforma Moodle y es precisamente la formulación de las actividades donde reside ese desarrollo del pensamiento en los estudiantes de modo parcial y que se considera se debe seguir trabajando para lograrlo en su totalidad.

La formación de los estudiantes de bachillerato comprende, de acuerdo con el plan y programa de estudios, un enfoque práctico referente a estructuras de pensamiento y procesos aplicables a contextos diversos, que serán útiles para los estudiantes a lo largo de su vida, más aún para los estudios de ingeniería que en su mayoría les concierne, sin dejar de lado el rigor metodológico.

Los principales resultados se muestran en el cuadro 4.3, que compete a los niveles de dominio de acuerdo con la taxonomía de Bloom y específicamente durante el proceso de los foros de discusión, donde se consideran las siguientes nomenclaturas:

- IG = Interpretación de gráficas
- L = Lectura de relatividad
- FD1 = Foro de discusión virtual 1
- FD2 = Foro de discusión virtual 2
- FD3 = Foro de discusión virtual 3
- G = Glosario
- ExpCL = Experimentación caída libre
- ExpPE = Experimentación principio de equivalencia
- M/R = Materiales o recursos para el estudio de la relatividad
- AE = Autoevaluarse en el foro de manera respetuosa y con argumentos

Tabla 3. *Perspectiva de los estudiantes*

<i>Niveles de dominio</i>	<i>Ítems</i>
Análisis e interpretación de gráficas	AG: Se me hizo muy complicado identificar las gráficas, solo le atiné a una. FD1: No sé cómo escribir una argumentación correcta de acuerdo con las gráficas.
Razonar / Argumentar	FD1, FD2, FD3: Al principio me costó trabajo decir lo que pienso respecto a las actividades, pero conforme avancé en los foros, se me hizo más sencillo, además te ayudan las actividades de experimentación. Me gusta más cuando hacemos experimentación, porque con la lectura siento que no sé cómo no copiar lo que te dicen en la lectura. Es cuestión de que te apliques, aunque es complicado, te gana el querer copiar. M/R: Me hubiera gustado que los materiales fueran más diversos o vistosos. M/R: Me gusta que tengan más imágenes las lecturas.
Cuestionar / Preguntarse	FD1, FD2, FD3: En los foros es muy complicado que tus compañeros pregunten y si preguntas, no entran al foro a contestar... Pienso que debe haber otra forma de hacernos preguntas, a mí se me ocurren, pero quedan fuera del contexto de relatividad... Yo pregunté en los tres foros, pero solo la maestra me respondió... Las preguntas de la maestra te hacen pensar mucho y a veces no encontraba cómo responder... G: El glosario me gustó mucho porque te tenías que apurar para que no te ganaran las palabras y porque se volvía más complicado cuando ya había muchas palabras definidas.
Evaluar	AE: La evaluación por medio de la rúbrica de la profesora me ayudó, pero es muy complicado porque tus compañeros piensan que les vas a poner en todo 10 y no, porque la verdad sí que estaban incorrectas algunas cosas... AE: En los foros de discusión no nos dijimos lo que quisimos, porque había errores que son bien visibles... AE: A mí me gustó la última evaluación, por lo que pude ver es que al principio lo tomamos a la ligera, pero conforme avanzamos y vimos que una actividad estaba ligada a otra te das cuenta de que la finalidad de que te hagan trabajar es para que aprendas, creo que fuimos muy conscientes de esto, solo que al final... M/R: Los materiales son adecuados, porque no tienen muchas ecuaciones y eso ayuda a entender...

<i>Niveles de dominio</i>	<i>Ítems</i>
Posicionarse / Toma de decisiones	<p>FD1, FD2, FD3: Para mí fue muy complicado emitir juicios porque tienes demasiada tarea y luego yo dejaba al final esta participación...</p> <p>AG: En la interpretación de gráficas como lo revisamos en clase se me hizo más fácil porque todos participamos al mismo tiempo y al momento por lo que no tenemos que esperar a que suban los resultados que obtienen...</p> <p>ExpCL: A mí me costó trabajo en la experimentación porque no tomamos en cuenta el punto de referencia y luego con las gráficas debió ser más sencillo porque ya habíamos realizado una actividad, pero lejos de eso fue más complejo...</p> <p>ExpPE: Esta experimentación fue muy agradable, es sorprendente ver el valor de la gravedad no cambiar cuando un objeto va en picada...</p> <p>AE: Para mí fue muy difícil emitir un juicio en los resultados de mis compañeros, porque no aceptaban que estaban incorrectos.</p> <p>AE: Yo les propuse una solución a mis compañeros, pero no me leyeron, tampoco leyeron las sugerencias de la profesora... así que no corrigieron.</p> <p>G: Muchos compañeros repitieron las palabras del glosario, pienso que pudieron buscar otras palabras y darnos más material.</p>
Actuar / Comprometerse	<p>FD1, FD2, FD3: A mí en lo particular me parece más complicado tener actividades paralelas a las que ya tenemos, pero no niego que me gusta el tema.</p> <p>FD3: Este último foro me despertó mucho interés, aunque admito que el tiempo en el que participé no fue el preciso, ya que mis compañeros ya tenían dos días de haber concluido, se me dificultó porque estaba enfermo...</p> <p>ExpCL, ExpPE: No hice los experimentos, pero me guíe con lo que hicieron mis compañeros, me hizo falta responsabilizarme.</p> <p>M/R: Espero que otros profesores hagan lo mismo y me comprometo a leer con más calma. Me gustaría que pusieran más cuentitos cortos para entenderle mejor.</p>

Fuente: elaboración propia.

Resultados de la evaluación a cargo de la docente, considerando los niveles de dominio de la taxonomía de Bloom y las actividades realizadas en la plataforma Moodle; en el cuadro 4.4 se muestran las puntuaciones obtenidas por cada estudiante.

Del cuadro 4.4 se concluye que son pocos los estudiantes que desarrollan el pensamiento crítico a través de las actividades, considerando de relevancia los siguientes casos:

- a) Desarrollo del pensamiento crítico; solo 25% de los estudiantes realiza las actividades que en consecuencia los lleva a una argumentación que favorece el pensamiento crítico; por debajo de la media, 63.8% se encuentra en proceso de desarrollarlo, falta constancia en la realización de las actividades para lograr un debate en línea que permita la interacción entre estudiantes. Los resultados muestran una tendencia a dejar las actividades al último momento y posteriormente no puede haber más interacción. Esto se evidencia en los comentarios y perspectivas que tienen los estudiantes respecto a las actividades de la plataforma Moodle.
- b) El 11.2% de los estudiantes no se interesó en entrar a la plataforma o realizar las actividades, su participación fue nula. Sin registro de entrada a pesar del apoyo que se les brindó.
- c) Lo más destacable es que al inicio 22.2% igual a ocho estudiantes no participan en la primera actividad, posteriormente esos mismos alumnos tienen una participación que tiende a la argumentación, aunque les haya afectado la actividad principal.
- d) A pesar de que 88.8% igual a 32 estudiantes realizan o participan en los foros de discusión no hay una continuidad, por lo que se deduce que la falta de realización de las actividades tiende a una pobreza argumentativa.
- e) Un factor importante que no se había contemplado es el uso de la inteligencia artificial (IA) por parte de los estudiantes, que a pesar de haber participado se detectó el uso de IA, por lo que se realizó un breve cuestionario oral para cerciorarse de que el estudiante comprendía la información, lo que apuntó finalmente que solo copió sin citar la fuente y sin la comprensión del contenido. Este hecho es un parteaguas que ha marcado la diferencia para el diseño instruccional con las variantes que se tendrán que ajustar para las futuras implementaciones.

- f) La falta de compromiso es un hecho que no permite a los estudiantes avanzar, un aspecto importante que se notó durante esta implementación es que se requiere de mucha presencia docente para que los estudiantes trabajen y también que se debe limitar el tiempo de participación o hacerlo en la hora de otros ambientes que marca el plan y programa de estudios.

Los estudiantes califican de modo viable la serie de actividades que se les propone, sin embargo, mencionan que se les olvida y se les junta con muchas actividades propias de la escuela, como sugerencia solicitan que pueda iniciar con este plan al inicio del semestre.

Conclusiones

Finalmente, en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11 (CECYT 11) contempla el estudio de la física moderna en sexto semestre de bachillerato que integra los contenidos de relatividad y cuántica, pero se estudian en últimas semanas del curso, además los conceptos de relatividad en este nivel bachillerato se introducen de modo acrítico y con una tendencia débil al conocimiento de los fundamentos de la teoría [19].

Al respecto conviene mencionar que las actividades implementadas pueden ser incorporadas al inicio del semestre, más aún en otras unidades de aprendizaje a modo de complementar los contenidos como repaso; este es un modelo mixto que presenta una solución inmediata para el fomento de aprendizaje desarrollando el pensamiento crítico con una tendencia al desarrollo de argumentos basados en los recursos necesarios e información actual y efectiva.

Si bien no se alcanzan los niveles de pensamiento crítico en forma potencial, se considera que estas propuestas son de avance gradual y que se determinan a través de los intereses de los estudiantes y también de la aplicación constante de estos recursos a través del modelo ADDIE, que considere fases en relación con los niveles de pensamiento crítico.

A través de la aplicación y presencia docente en este tipo de actividades se favorece la participación de los estudiantes; la presente investigación

es clara muestra de que el modelo ADDIE y los niveles de dominio de la taxonomía de Bloom favorecen el desarrollo de competencias [16], además que da apertura para nuevas propuestas para seguir indagando lo que sucede con el desarrollo del pensamiento crítico a través del uso de IA, que se está volviendo tendencia y muy común entre los estudiantes. Finalmente el papel del docente debe ser muy activo para buscar las herramientas necesarias y así consolidar el aprendizaje.

Referencias

- [1] Sifuentes, A. T., Sifuentes, E. L., y Rivera, J. M. (2022). Educación 4.0, modalidad educativa y desarrollo regional integral. *IE: Revista de Investigación Educativa de la Rediech*, (13), 13.
- [2] Díaz, R. (2018, 11 de junio). Innovación y emprendimiento, fundamentales en la educación 4.0. *Universo*. <https://www.uv.mx/prensa/general/innovacion-y-emprendimiento-fundamentales-en-la-educacion-4-0>.
- [3] Retnaningsih, D. (2019). Challenges and Strategy of Teachers in the Industrial 4.0 Revolution in Improving Education Quality. En *Actas del Seminario Nacional "Política y desarrollo la educación en la era de la revolución industrial 4.0"*. <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/snpep2019/article/view/5624>.
- [4] Cynthia, C., Arafah, K., y Palloan, P. (2023). Development of Interactive Physics E-Module to Improve Critical Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(5), 3943-3952.
- [5] Douglas, T., James, A., Earwaker, L., Mather, C., y Murray, S. (2020). Online Discussion Boards: Improving Practice and Student Engagement by Harnessing Facilitator Perceptions. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 17(3), 2020.
- [6] Bair, D. E., y Bair, M. A. (2011). Paradoxes of Online Teaching. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 5(2).
- [7] Garner, R., y Rouse, E. (2016). Social Presence: Connecting Pre-Service Teachers as Learners Using a Blended Learning Model. *Student Success*, 7(1), 25-36.
- [8] Zhao, H., y Sullivan, K. P. (2017). Teaching presence in Computer Conferencing Learning Environments: Effects on Interaction, Cognition and Learning Uptake. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 538-551.
- [9] Sánchez, M. A., y Selva, V. S. (2006). La relatividad en el bachillerato: Una propuesta de unidad didáctica. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 439-454.
- [10] Carrillo, M. J., y Roa, L. C. (2018). *Diseñando el aprendizaje desde el modelo ADDIE* [Tesis]. Universidad de La Sabana, Colombia.
- [11] Maribe, R. (2009). *Instructional Design: The Addie Approach*. Springer Science y Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>.

- [12] Morales, G., Edel, N., y Aguirre, A. (2014). Modelo ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación): Su aplicación en ambientes educativos. En I. Esquivel Gámez (coord.). *Los modelos tecno-educativos: Revolucionando el aprendizaje del siglo XXI* (pp. 33-46). UV.
- [13] Morales, B. (2022). Diseño instruccional según el modelo ADDIE en la formación inicial docente. *Apertura*, 14(1), 80-95.
- [14] Williams, P., Schrun, L., Sangra, A., y Guardia, L. (s/f). *Modelos de diseño instruccional*. Universitat Oberta de Catalunya.
- [15] Otero, M. R., Arlego, M., y Prodanoff, F. (2015). Teaching the Basic Concepts of the Special Relativity in the Secondary School in the Framework of the Theory of Conceptual Fields of Vergnaud. *Il Nuovo Cimento C*, 38(3), 1-13.
- [16] Instituto Politécnico Nacional (IPN) (2008). *Un nuevo modelo educativo del IPN: Materiales de la reforma*. IPN.
- [17] Núñez López, S., Ávila Palet, J. E., y Olivares, S. L. (2017). El desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes universitarios por medio del aprendizaje basado en problemas. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 8(23).
- [18] Compte, M. y Del Campo, M. S. (2019). Aprendizaje colaborativo en el sistema de educación superior ecuatoriano. *Revista de Ciencias Sociales*, 25(2), 131-140.
- [19] Ávila, G. (2022). *B-Learning mediante Moodle y su impacto en el proceso de aprendizaje de física moderna en el bachillerato IPN* [Tesis doctoral no publicada]. Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, México.

5. Desarrollo de competencias en física por medio de las TAC utilizando 4MAT a nivel bachillerato

MAGALY SIERRA VITE*

MARIO HUMBERTO RAMÍREZ DÍAZ**

CARLOS DE LA CRUZ SOSA***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.05>

Resumen

El objetivo de esta investigación es identificar el desarrollo de las competencias de formación, pensamiento crítico y creatividad en física en estudiantes de bachillerato. Realizando una investigación mixta, donde en la parte cuantitativa se analizó el nivel de logro del desarrollo de competencias por medio de la combinación del sistema 4MAT y tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (TAC) a la que se le llamará TAC+4MAT. En la parte cualitativa se analizó si al cursar dos asignaturas con esta metodología logra mayor desarrollo de competencias y mejor aprendizaje. Se realizó una triangulación entre los tres instrumentos (rúbricas, diferencial semántico y entrevista). Las rúbricas utilizaron la taxonomía de Bloom y fueron validadas por expertos a través del coeficiente de validez de contenido (CVC), además se realizó la confiabilidad con ayuda del coeficiente alfa de Cronbach. Se aplicó a una muestra de 442 estudiantes y se obtuvieron resultados distintos en las tres asignaturas, pero en su mayoría aceptando que con la metodo-

* Doctora en Ciencias en Física Educativa. Profesora por asignatura en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6086-8774>

** Doctor en Ciencias en Física Educativa. Profesor en el posgrado en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3459-2927>

*** Doctor en Educación. Profesor en la Academia de Telemática de la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1269-7920>

logía TAC+4MAT se alcanza un desarrollo de competencias similar en las tres competencias.

Palabras clave: 4MAT, desarrollo de competencias, TAC.

Introducción

Para que una persona se integre completamente a los contextos social, económico y cultural del país es necesaria una buena educación, esta inicia en el seno familiar, posteriormente se desarrolla en la escuela y después se aplica en el ambiente laboral [1]. De acuerdo con Lorenzo y Zaragoza [2], el sistema educativo de nivel bachillerato cambia en 1995 a la enseñanza aprendizaje basada en competencias, buscando cubrir las necesidades del mercado laboral. El modelo basado en competencias vincula el aprendizaje y la formación de los alumnos con las demandas de la sociedad, para cubrir las necesidades del sector productivo y su transformación. Además, mejora la capacidad de los estudiantes al ir construyendo sus competencias y permite una buena comunicación entre ellos.

El proceso de enseñanza-aprendizaje recae principalmente en las acciones que realiza el docente. Es por ello que el profesor debe contar con distintos recursos didácticos, para la planeación de sus clases. Morales *et al.* [3] mencionan que los alumnos consideran que el aprendizaje de física es difícil y abstracto, esto es porque el docente prioriza el uso de fórmulas o ecuaciones de manera mecánica. Por otro lado, el docente no es lo único que se necesita en el proceso para que los estudiantes alcancen un aprendizaje significativo, deben estar involucrados en su aprendizaje. Por ello, el profesor debe establecer situaciones de aprendizaje para motivar a los alumnos y con esto ellos deben desarrollar sus habilidades para lograr las competencias.

El objetivo principal de esta investigación es analizar el desarrollo de competencias de formación, pensamiento crítico y creatividad en las asignaturas de mecánica, electricidad y magnetismo, óptica y física moderna, utilizando las TAC en las actividades que conforman los ciclos de aprendizaje del sistema 4MAT, a dicha combinación se le llamará TAC+4MAT en este estudio. La importancia de esta investigación en particular radica en lograr

un aprendizaje significativo de algún tema de física, ya que el desarrollo de las competencias logra las habilidades necesarias para la comprensión de la física en un ámbito conceptual y procedimental. Por otro lado, en este estudio se describe el beneficio de las tecnologías que se utilizaron que fueron plataforma educativa, videos y simulaciones. Además, de acuerdo con la OCDE [4], se pretende una alfabetización en ciencias para los estudiantes, para que conozcan diversos fenómenos y se conduzcan adecuadamente a lo largo de su vida. Esto a su vez es la finalidad del desarrollo de competencias: aplicar los conocimientos de una manera práctica en su vida cotidiana y en el ambiente laboral.

Con esta investigación se identificó el nivel de desarrollo de competencias en física que alcanzan los estudiantes de bachillerato al utilizar la metodología TAC+4MAT. Se analizó por medio de un estudio mixto.

Marco teórico

Antecedentes de la educación por competencias

Gaitán [5] menciona la importancia del desarrollo de competencias, que se basa en la toma de decisiones de los estudiantes, ya que se debe realizar una sinergia entre sus conocimientos, habilidades y destrezas, pero al mismo tiempo que realicen actividades con una actitud adecuada, logrando personas integrales y que apliquen las competencias adquiridas en el ámbito laboral. Para fomentar esto, las herramientas tecnológicas deben ser adecuadas para motivar a los estudiantes y que alcancen su aprendizaje. La Reforma Integral de Educación Media Superior (RIEMS) inicia a pilotarse en 2003 con la enseñanza basada en competencias, teniendo diversas modificaciones a lo largo de los años, la última en 2018. Estos cambios también se deben al avance tecnológico [6]. De acuerdo con el Marco Curricular Común, las competencias genéricas deben tener cinco características: formar capacidades del egresado; potenciar las dimensiones física, cognitiva, social y afectiva; integración de los estudiantes en el contexto académico, profesional y social; transversales y transferibles en distintos ámbitos, y ser importantes para su vida futura [7].

La Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), para cumplir con la RIEMS, incorporó el Programa Académico de Bachillerato (PAB), que fue evaluado por el Consejo para la Evaluación de la Educación de tipo Medio Superior (COOPEMS), en el cual se renombran las competencias y las reordena en seis categorías, agregando una más, llamada uso de la tecnología [8]. De ellas se eligieron tres para evaluar en esta investigación por ser las competencias que se desarrollan en las asignaturas de Física de acuerdo con la Matriz de Competencias de la UAEH ubicada en su página oficial [9].

Sistema 4MAT

Un estilo de aprendizaje se refiere a cómo aprenden los estudiantes, o las situaciones que se deben generar en el aula para que adquieran el conocimiento fácilmente. Es por ello que existen varios modelos de estilos de aprendizaje, como el de Honey y Mumford, Kolb, Feldel y Silvermann, entre otros [10]. Sin embargo, el sistema 4MAT el investigador lo consideró más completo porque se clasifica en cuatro estilos de aprendizaje [11]. Este modelo fue creado por McCarthy en 1997 y utilizó el modelo de Kolb como base, pero lo combinó con una cartografía o mapa cerebral. Con esa unión logró definir las características de cada uno de los tipos de aprendizaje [12]. En el cuadro 5.1 se describen las características de cada estilo de aprendizaje.

Cuadro 5.1. Descripción de los estilos de aprendizaje

<i>Nombre</i>	<i>Proceso cognitivo</i>	<i>Proceso cerebral</i>
Tipo I o imaginativos	Concreta, emotiva y reflexivamente	El hemisferio derecho quiere un significado personal y el izquierdo comprende y analiza la información.
Tipo II o analíticos	Abstracta y reflexivamente	El hemisferio derecho integra la experiencia para buscar el conocimiento, pero el izquierdo quiere un nuevo conocimiento.
Tipo III o de sentido común	Abstracta y experimentación activa	El hemisferio derecho quiere una aplicación individual y el izquierdo ejemplos generales.
Tipo IV o dinámicos	Sensorial, por emociones concretas y experimentación activa	Sus hemisferios se concentran en buscar relaciones o conexiones entre el conocimiento adquirido y la aplicación en su vida cotidiana.

Fuente: elaboración propia.

TAC

En la actualidad las tecnologías de información y comunicación (TIC) han cambiado en el enfoque educativo para adquirir conocimiento. Al mismo tiempo, se pueden conocer nuevas formas de enseñar y aprender [13]. Por ese motivo, ahora las TIC cambian su nombre a tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (TAC), esto para el ámbito educativo; con esto se busca potencializar el proceso de enseñanza-aprendizaje y a su vez implica un conocimiento del tema y de la tecnología que se desea utilizar. Como menciona Cano [14], se debe proponer un programa para capacitar a los docentes en el uso de la tecnología. Sin embargo, no todos los maestros pueden acceder a un tipo de capacitación en sus instituciones y ellos deben elegir cada tecnología de acuerdo con la actividad y el nivel de conocimiento que requiera del tema. Es importante mencionar que la elección que realicen se va a limitar a las TAC que conocen y saben utilizar. Para que los estudiantes logren un aprendizaje significativo se requiere de un enfoque cognitivo y diversas herramientas digitales [15]. Las TAC que se utilizaron en este estudio fueron tres, en el cuadro 5.2 se describen las características de cada una de ellas:

Cuadro 5.2. TAC utilizadas

TAC	Características	Utilizada en el estudio
Plataforma educativa	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso desde cualquier lugar • Libertad de tiempo y ritmo de aprendizaje • Menor costo • Fácil de utilizar • Necesaria por la pandemia de SARS-CoV-2 	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma Garza (institucional): Los alumnos no pueden subir ningún contenido, únicamente se usaron los foros. • Edmodo (Gratis): Durante todo el estudio, pero no se pueden hacer foros.
Videos	<ul style="list-style-type: none"> • Instructivos • Lúdicos • Motivadores • Cognoscitivos • Estimulación audiovisual 	<ul style="list-style-type: none"> • Videos de la red de YouTube: Son de fácil acceso y gratuitos.
Simuladores	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollan destreza mental • Aprenden de manera práctica • Aprendizaje por descubrimiento • Utilizan una situación hipotética • Son interactivos • Se observan fenómenos imposibles de observar en realidad • Motivadores • Lúdicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Simulaciones Phet: Son de fácil acceso, gratuitas y fortalece la toma de decisiones.

Fuente: elaboración propia.

Ciclos de aprendizaje

Los ciclos de aprendizaje están formados por ocho actividades, dos específicas para cada uno de los estilos de aprendizaje. La distribución de actividades se observa en el cuadro 5.3.

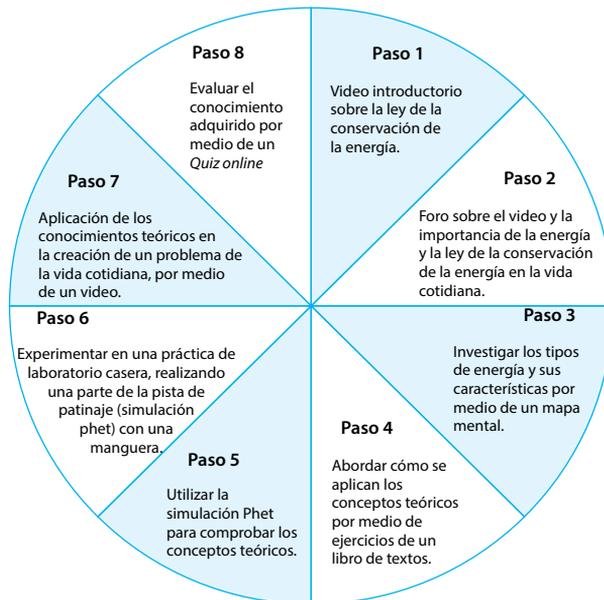
Cuadro 5.3. Tipos de aprendizaje y pasos

Estilo de aprendizaje	Nombre	Actividades específicas
Tipo I	Imaginativos	Paso 1 y 2
Tipo II	Analíticos	Paso 3 y 4
Tipo III	De sentido común	Paso 5 y 6
Tipo IV	Dinámicos	Paso 7 y 8

Fuente: elaboración propia.

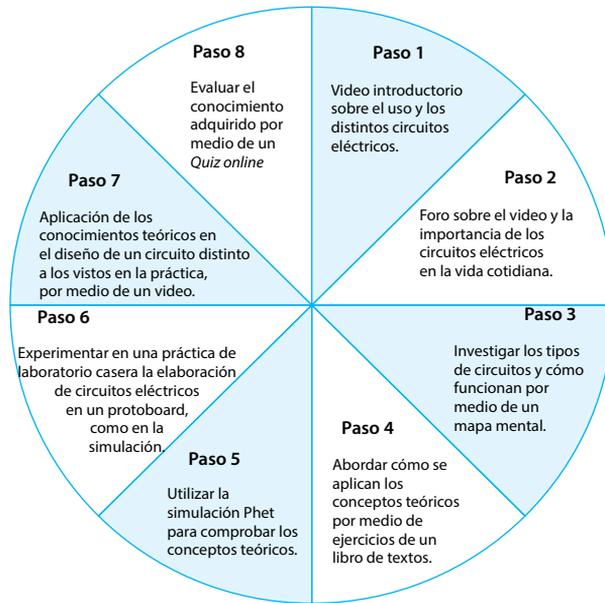
En las figuras 5.1, 5.2 y 5.3 se muestran los ciclos de aprendizaje de las tres asignaturas.

Figura 5.1. Ciclo de aprendizaje de Mecánica



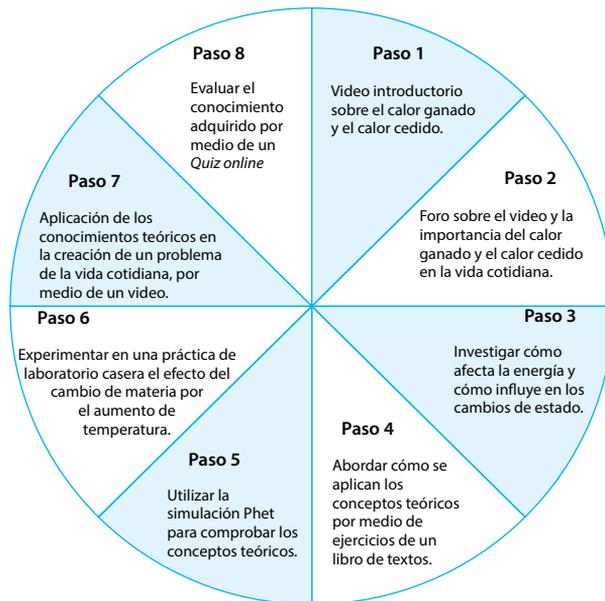
Fuente: elaboración propia.

Figura 5.2. Ciclo de aprendizaje de Electricidad y Magnetismo



Fuente: elaboración propia.

Figura 5.3. Ciclo de aprendizaje de Óptica y Física Moderna



Fuente: elaboración propia.

Instrumentos

Para la elaboración de los instrumentos se utilizó la taxonomía de Bloom porque se basa en procesos mentales que realiza el estudiante, clasificándolo en distintos niveles de complejidad, además, se puede separar en las habilidades intelectuales y los conocimientos, por otro lado, de acuerdo con PISA [16], el desarrollo de competencias científicas se divide en seis niveles, al igual que en la taxonomía de Bloom. Churches [17] menciona que Benjamín Bloom creó una taxonomía enfocada en objetivos de educación, clasificándola en seis niveles de complejidad de forma creciente. Con esto se identifica el desempeño del estudiante de acuerdo con el dominio que desarrolla, analizando jerárquicamente los procesos cognitivos, afectivos y psicomotores.

Los instrumentos que se diseñaron para el desarrollo de competencias fueron rúbricas que analizan los seis niveles de logro que propone Bloom, para evaluar seis de las ocho actividades de los ciclos de aprendizaje de la metodología TAC+4MAT; los pasos evaluados fueron del 2 al 7 uno por cada nivel. Posteriormente, se sumaron los puntajes cada nivel para obtener el resultado final. Desde excelente con una puntuación de 100 puntos hasta insuficiente con 60 puntos.

Rúbrica para evaluar las competencias y validez

Las rúbricas se diseñaron por medio de una validación por juicio de expertos, dicha validez describe una correspondencia que debe tener un instrumento entre lo que se mide y lo que se va a medir. Se analizó la pertinencia y relevancia del contenido de las rúbricas relacionando dicho contenido con las variables que se pretende medir de manera cuantitativa [18]. La información detallada se encuentra en la publicación titulada “Validación por juicio de expertos” [19].

Confiabilidad de los instrumentos

Celina y Campos [20] mencionan que la fiabilidad o confiabilidad de un instrumento se refiere a la precisión con la que mide, además, se busca que los resultados sean consistentes y coherentes. Esto quiere decir que, entre más confiable el instrumento, tiene una mayor precisión y con esto menor error en la medición. Por otro lado, Ibarra [21] sugiere que la confiabilidad de un instrumento es una propiedad que mide la relación de ausencia del error de una medición. Por ello, la confiabilidad verifica la consistencia, precisión y reproducibilidad del instrumento.

Para lograr la fiabilidad del instrumento se puede aplicar dos veces a la misma muestra y donde los resultados deben ser los mismos o implementarlo una sola vez utilizando coeficientes de correlación. Al manejar los coeficientes hace referencia a la confiabilidad de consistencia interna y evalúa el grado de diferencias que existe entre los ítems de un test o en esta investigación se enfoca a los niveles de logro en una rúbrica para el desarrollo de competencias [22]. Existen diferentes formas de análisis, como el coeficiente de KR-20 [23], Richardson 21 [24] o el coeficiente alfa de Cronbach [25].

Metodología

Se propuso un estudio de tipo mixto donde la parte cuantitativa es transversal, en cambio la cualitativa es longitudinal, siguiendo a Hernández-Sampieri *et al.* [26]. Al mismo tiempo, fue de profundidad descriptiva y analítica, ya que se determinó el impacto que tiene cada estilo de aprendizaje en el desarrollo de competencias, por medio de la comparación de datos numéricos [27].

La investigación se realizó en la Preparatoria No. 1 de la UAEH, que en los semestres analizados tuvo una población de entre 5 250 y 6 300 estudiantes. Para la parte cuantitativa se realizó en los semestres de julio-diciembre 2020, enero-junio 2021 y julio-diciembre 2021. Para la materia de Mecánica el tema elegido fue Energía para Electricidad y Magnetismo fue el tema

de ley de Ohm y circuitos eléctricos, por último, para Óptica y Física Moderna fue el tema de calor ganado y calor cedido. Los grupos analizados estuvieron a cargo del investigador en dichos semestres. Por tal motivo, la muestra total fue de 442 estudiantes distribuidos en tres semestres, de los cuales fueron 155 de Mecánica, 150 de Electricidad y 137 de Óptica.

La parte cualitativa se realizó durante los semestres enero-junio 2021 y julio-diciembre 2021, porque dos grupos cursaron las asignaturas de Mecánica y Electricidad utilizando esta metodología. La muestra se conformó por 18 estudiantes, 12 mujeres y seis hombres que cursaban los propedéuticos de Artísticas y de Ciencias Agropecuarias. Se analizó el desarrollo de competencias por medio de un diferencial semántico y una entrevista, para poder hacer una triangulación de los tres instrumentos.

Conclusión

A lo largo del estudio se trató de identificar el desarrollo de competencias de formación, pensamiento crítico y creatividad con el uso de la metodología TAC+4MAT en las tres asignaturas de física de la UAEH (Mecánica, Electricidad y Óptica), en tres semestres que fueron 100% virtuales. La investigación surgió por la problemática que existe en el país del bajo desarrollo de las competencias en el área de ciencias. Cabe mencionar que se desarrollaron el o los atributos necesarios para cada una de las competencias en las asignaturas de Física, al ser atributos, quiere decir que no se está desarrollando la competencia en su totalidad. Esto es porque cada una de las competencias se conforma de más de un atributo, los demás atributos se van desarrollando en distintas materias y en diferentes semestres, ya que son competencias transversales.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la asignatura de Mecánica, se encontró que para la competencia de formación se acepta la hipótesis alternativa, sin embargo, para las competencias de pensamiento crítico y creatividad, se acepta la hipótesis nula.

Por otro lado, para la materia de Electricidad y Magnetismo, se encontró que se acepta la hipótesis alternativa para las competencias de formación y de pensamiento crítico. No obstante, para creatividad se acepta la hipóte-

sis nula al igual que en la asignatura anterior. Por último, en la materia de Óptica y Física Moderna en las tres competencias se acepta la hipótesis nula.

En el análisis cuantitativo, se observó que en las tres competencias se alcanza un nivel de logro similar, con lo que se puede decir que el uso de ciclos de aprendizaje de la metodología TAC+4MAT beneficia en gran medida al desarrollo de competencias en las asignaturas de física a nivel bachillerato. Al mismo tiempo, de acuerdo con la impresión de los estudiantes pueden aplicar los conocimientos adquiridos con esta metodología en su vida cotidiana sobre todo lo aprendido en circuitos eléctricos, esto quiere decir que se cumple el objetivo de desarrollar las competencias, ya que debe ser un conocimiento y unas habilidades que puedan utilizar en su ambiente laboral y su vida cotidiana.

Referencias

- [1] Albuquerque, F. (2001). *La importancia del desarrollo económico local*. En O. Madoery y A. Vázquez Barquero (eds.). *Transformaciones globales: Instituciones y políticas de desarrollo local*. Homo Sapiens. https://flacsoandes.edu.ec/web/images/FTP/1251775440.Albuquerque_La_Importancia_del_enfoque_del_desarrollo_local_2001.pdf.
- [2] Lorenzo, O., y Zaragoza, J. (2014). Educación media y superior en México: Análisis teórico de la realidad actual. *DEDiCA: Revista de Educacao e Humanidades*, (6), 59-72. <https://doi.org/10.30827/dreh.v0i6.6961>.
- [3] Morales, L., Mazzitelli, C., y Olivera, A. (2014). La enseñanza y aprendizaje de la física y la química en el nivel secundario desde la opinión de estudiantes. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 10(2), 11-19. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5800555.pdf>.
- [4] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2016). *Pisa 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. OCDE. <https://doi.org/10.1787/9789264255425-en>.
- [5] Gaitan, L. (2018). *Motivación, anclaje clave para la formación de competencias en lengua extranjera inglés, en los estudiantes de grado 305 de la IEM San Juan Bautista de la Salle-Zipaquira* [Tesis para obtener el grado de maestro]. Universidad Sergio Arboleda. <https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/1681/Motivacion%20anclaje%20para%20la%20formacion%20en%20competencias%20en%20lengua%20extranjera.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [6] Velasco, E., Guillen, R., y Galindo, C. (2018). *Situación y diagnóstico de la educación en México: Perspectivas y posibilidades*. DR. <http://www.transformacion-educativa>.

- com/attachments/article/251/Situacion%20y%20diagnostico%20de%20la%20educacion%20en%20M%C3%A9xico.pdf.
- [7] García, C. (s/f). Definición de competencias genéricas y específicas de las titulaciones. Departamento Didáctica y Organización Escolar. <https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/44/44715/defcompetegenerespeci.pdf>.
- [8] Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) (2008). Programa académico de bachillerato de la UAEH. UAEH. <https://www.uaeh.edu.mx/campus/bachillerato/programa.htm>.
- [9] Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) (2008). Matriz de competencias genéricas. UAEH. https://www.uaeh.edu.mx/adminyserv/gesuniv/div_docencia/demysyt/competencias.html.
- [10] Rodríguez, R. (2017). Los modelos de aprendizaje de Kolb, Honey y Mumford: Implicaciones para la educación en ciencias. *Sophia*, 14(1), 51-64. <https://doi.org/10.18634/sophiaj.14v.1i.698>.
- [11] Alonso, C. (2008). Estilos de aprendizaje: Presente y futuro. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 1(1), 4-15. <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/79837/00820103010264.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [12] Acosta, E. (org.). (2022). *Ciencias humanas, 4: Políticas de diálogo y colaboración*. Atena. <https://doi.org/10.22533/at.ed.576220108>.
- [13] Carrión, F., García, D., y Erazo, C. (2020). Simulador virtual PhET como estrategia metodológica para el aprendizaje de la Química. *Cienciamatría*, 6(3), 193-216. <https://doi.org/10.35381/cm.v6i3.396>.
- [14] Cano, C. (2020). *Propuesta de capacitación a docentes en el uso de las TAC sobre los efectos del calentamiento global para sensibilizar a los estudiantes de la institución educativa Inka Pachacutec del distrito de Machupicchu-Cusco 2018* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", Lambayeque, Perú.
- [15] Coello, A., Menacho, I., Uribe, Y., y Sánchez F. (2019). Oportunidades de aprendizaje a través de las TIC desde la perspectiva de las TAC. *Scientific Journal of Education*, 6(2), 94-105. <https://doi.org/10.18050/eduser.v6i2.2308>.
- [16] Programme for International Student Assessment (PISA) (2006). *El programa PISA de la OCDE*. OCDE. <https://www.oecd.org/pisa/39730818.pdf>.
- [17] Churches, A. (2012). Taxonomía de Bloom para la era digital. *EduTEKA*, 1-12. <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/TaxonomiaBloomDigital>.
- [18] Bernal, M., Salamanca, E., Pérez, N. y Quemba, M. (2020). Validez de contenido por juicio de expertos de un instrumento para medir percepciones físico-emocionales en la práctica de disección anatómica. *Educación Médica*, 21(6), 349-356. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2018.08.008>.
- [19] Sierra, M. (2023). Validación por juicio de expertos. *Revista Internacional de Aprendizaje*, 9(1), 81-95. <https://doi.org/10.18848/2575-5544/CGP/v09i01/81-95>.
- [20] Celina, H., y Campos, A. (s/f). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572-580. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcp/v34n4/v34n4a09.pdf>.
- [21] Ibarra, S. (2018). Estudio de validez de contenido y confiabilidad de un instrumen-

- to para evaluar la metodología socioformativa en el diseño de cursos. *Revista Espacios*, 39(53), 24-34. <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-24.pdf>.
- [22] Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) (2018). Planea: Resultados nacionales 2018. INEE. https://www.inee.edu.mx/images/stories/2018/planea/PLANEA06_Rueda_de_prensa_27nov2018.pdf.
- [23] Merino, C., y Carter, R. (2009). Modificación de Horst al coeficiente KR-20 por dispersión de la dificultad de los ítems. *Revista Interamericana de Psicología*, 44(2), 274-278. <https://www.redalyc.org/pdf/284/28420641008.pdf>.
- [24] Duran, F., y Lara, G. (2021). Aplicación del coeficiente de confiabilidad de Kuder Richardson en una escala para la revisión y prevención de los efectos de las rutinas formadas durante el periodo de confinamiento a partir de la identificación del seguimiento de medidas de seguridad, de comida y de descanso. *Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula*, 8(15), 51-55. <https://doi.org/10.29057/esat.v8i15.6693>.
- [25] Quero, M. (2010). Confiabilidad y coeficiente alpha de Cronbach. *Telos*, 12(2), 248-252. <https://www.redalyc.org/pdf/993/99315569010.pdf>.
- [26] Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- [27] García Salinero, J. (2004). Estudios descriptivos. *Nure Investigación*, (7), 1-3. <https://www.nureinvestigacion.es/OJS/index.php/nure/article/view/180>.

6. Aprendizaje de las fuerzas de atracción y repulsión en imanes con alumnos de nivel preescolar usando el enfoque STEAM

MARÍA FERNANDA GONZÁLEZ-VILLARREAL*

JUAN CARLOS RUIZ MENDOZA**

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.06>

Resumen

El presente documento muestra una propuesta de situación didáctica para el trabajo con las fuerzas de atracción y repulsión en imanes en el nivel preescolar en donde el objetivo general es la planificación, diseño y ejecución de una situación didáctica con el enfoque STEAM mediante la metodología investigación-acción. Según los resultados obtenidos en la implementación de la propuesta, los estudiantes se encuentran en su mayoría en un nivel satisfactorio en cuanto a la manipulación, experimentación y descripción con los imanes que favorece la adquisición de los conceptos de atracción y repulsión como característica principal del imán, por lo cual la situación didáctica con enfoque STEAM favorece el aprendizaje de las fuerzas generando así un mayor interés por las ciencias a temprana edad, siendo la física un medio oportuno acorde a los aprendizajes esperados establecidos en el país, y enriquece el desarrollo de las habilidades en los educandos, específicamente la habilidad interpretativa.

Palabras clave: *física educativa, STEAM, educación, ciencias en preescolar, fuerzas de atracción y repulsión.*

* Maestra en Ciencias en Física Educativa. Alumna del posgrado en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4037-2000>

** Doctor en Enseñanza de la Física. Profesor en la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5227-3025>

Introducción

El Programa de Educación Básica Aprendizajes Clave para la Educación Integral de la Secretaría de Educación Pública (SEP) menciona la importancia del acercamiento a las ciencias desde un nivel inicial como es preescolar, mediante actividades diseñadas por las educadoras [1], pues es en esta edad en donde se genera la mayor cantidad de cuestionamientos respecto al mundo que les rodea. Sin embargo, existen diversos factores que se ven directamente involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en el nivel preescolar que son desfavorables en el acercamiento a los estudiantes en las ciencias, como señalan diversos autores en investigaciones en este nivel educativo, como son: el nulo dominio en la enseñanza de esta, la carencia de tópicos que se manejan, una limitación en las educadoras en cuanto a recursos y conocimientos, uso excesivo de experimentos por reacción y una falta de motivación tanto en docentes como en alumnos por la indagación [2].

Lo anterior genera una necesidad por acercar a los estudiantes a la física como medio para favorecer los aprendizajes esperados en el campo de formación académica Exploración y Comprensión del Mundo Natural y Social, como lo establece la SEP en el programa de educación, mediante estrategias que proporcionen el aprendizaje basado en los conocimientos previos de los educandos respecto al mundo que les rodea. Diversos estudios realizados en el país señalan alguno de los puntos antes mencionados, tanto la poca preparación de las maestras de preescolar en cuanto a la comprensión y dominio de tópicos de ciencias como el no contar con recursos suficientes para la implementación de actividades [3].

Por tanto, esta propuesta tiene como objetivo principal planificar, diseñar y ejecutar una situación didáctica con enfoque STEAM para favorecer el desarrollo del pensamiento científico en el nivel preescolar, utilizando el tópico de las fuerzas de atracción y repulsión en imanes. Lo cual nos lleva a la formulación de las siguientes preguntas de investigación: ¿en qué medida la implementación de estrategias con enfoque STEAM en la enseñanza de fenómenos físicos desarrolla habilidades cognitivas en niños de nivel preescolar? y ¿cómo el desarrollo de secuencias didácticas en física ayuda al desarrollo de la habilidad interpretativa en niños de cuatro y cinco años?

Las ciencias naturales en educación preescolar

Exploración y comprensión del mundo natural y social

El Programa de Educación Básica Aprendizajes Clave para la educación integral de 2017 tiene como objetivo brindar a los alumnos de todos los niveles (preescolar a secundaria) las herramientas necesarias para enfrentar los retos y necesidades del siglo XXI mediante el desarrollo de diversas habilidades, como son las habilidades cognitivas, metacognitivas, emocionales, sociales, físicas y prácticas [4]. Para ello, el modelo educativo trabaja mediante tres campos de formación académica (lenguajes y comunicación, pensamiento matemático y exploración y comprensión del mundo natural y social) y tres áreas de desarrollo personal y social (artes, educación socioemocional y educación física), dentro de las cuales se incluyen aprendizajes esperados que se deben favorecer durante el curso de los estudiantes en preescolar. Tanto los campos como las áreas se componen de dos organizadores curriculares que son dos categorías que determinan el alcance de cada campo o área.

La enseñanza de las ciencias en preescolar se trabaja por medio del campo de formación académica Exploración y comprensión del mundo natural y social, el cual se compone de diversos enfoques de las ciencias sociales, la física, la química y la biología, en donde el objetivo principal es que los estudiantes se acerquen a algunos procesos naturales, sociales y fenómenos previamente seleccionados por la SEP, los cuales ayuden a los educandos en la comprensión del mundo que les rodea. A su vez, este campo se divide en dos: mundo natural, en donde se aborda la exploración a la naturaleza y cultura y vida social, que plantea las interacciones con el entorno social y los cambios en el tiempo (cuadro 6.1). Cada uno de los puntos a tratar conlleva entre tres a cinco aprendizajes esperados que se pretenden desarrollar en los alumnos en su paso por los tres grados de preescolar.

Cuadro 6.1. *Aprendizajes esperados para preescolar en aprendizajes clave*

<i>Exploración y comprensión del mundo natural y social (Preescolar)</i>		
<i>Organizador curricular 1</i>	<i>Organizador curricular 2</i>	<i>Aprendizajes esperados</i>
Mundo natural	Exploración de la naturaleza	<ul style="list-style-type: none"> • Obtiene, registra, representa y describe información para responder dudas y ampliar su conocimiento en relación con plantas, animales y otros elementos naturales. • Comunica sus hallazgos al observar seres vivos, fenómenos y elementos naturales, utilizando registros propios y recursos impresos. • Describe y explica las características comunes que identifica entre seres vivos y elementos que observa en la naturaleza. • Experimenta con objetos y materiales para poner a prueba ideas y supuestos.
	Cuidado de la salud	<ul style="list-style-type: none"> • Practica hábitos de higiene personal para mantenerse saludable. • Conoce medidas para evitar enfermedades. • Reconoce la importancia de una alimentación correcta y los beneficios que aporta al cuidado de la salud. • Atiende reglas de seguridad y evita ponerse en peligro al jugar y realizar actividades en la escuela. • Identifica zonas y situaciones de riesgo a los que puede estar expuesto en la escuela, la calle y el hogar.
	Cuidado del medioambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Indaga acciones que favorecen el cuidado del medioambiente. • Identifica y explica algunos efectos favorables y desfavorables de la acción humana sobre el medioambiente. • Participa en la conservación del medioambiente y propone medidas para su preservación, a partir del reconocimiento de algunas fuentes de contaminación del agua, aire y suelo.
Cultura y vida social	Interacciones con el entorno social	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce y valora costumbres y tradiciones que se manifiestan en los grupos sociales a los que pertenece. • Conoce en qué consisten las actividades productivas de su familia y su aporte a la localidad. • Explica los beneficios de los servicios con que se cuenta en su localidad. • Comenta cómo participa en conmemoraciones cívicas y tradicionales.
	Cambios en el tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • Explica algunos cambios en costumbres y formas de vida en su entorno inmediato, usando diversas fuentes de información. • Explica las transformaciones en los espacios de su localidad con el paso del tiempo, a partir de imágenes y testimonios.

Fuente: SEP, 2017.

Cabe mencionar que el programa es de carácter flexible, por lo que la educadora puede elegir los temas a abordar en el aula, además en educación preescolar no se trabaja por medio de materias como en el resto de los niveles en educación básica, por tanto la física no se plantea como un tema sino que se hace una aproximación mediante algunos aprendizajes esperados como: *Describe y explica las características comunes que identifica entre seres vivos y elementos que observa en la naturaleza*, es aquí donde las habilidades del docente entran en acción al diseñar e implementar actividades

que favorezcan los aprendizajes esperados mientras los relacionan con experiencias del entorno inmediato del alumno.

El trabajo con las ciencias en el aula de preescolar

Como se mencionó con anterioridad, en el campo de formación académica se tratan temas del mundo natural de manera general más no específica, los tópicos de ciencia a abordar, ya que se pretende que la educadora los trabaje en el aula de forma general a lo particular. Por tanto, la enseñanza de las ciencias en preescolar en su mayoría se enfoca en seres vivos, plantas, experimentos por reacción y cuidado del medio ambiente, que si bien son temas relacionados al entorno inmediato del alumno o a problemáticas de la actualidad no siempre se abordan tópicos de interés o dudas que emergen en los alumnos respecto a la comprensión e interpretación del mundo.

En cuanto a temas de física en preescolar, algunos de los temas que se llegan a trabajar en el aula son los estados de la materia, la flotabilidad de objetos y la electrostática, en su mayoría mediante experimentos sencillos o por talleres (de un solo día). Sin embargo, el programa de Aprendizajes Clave sugiere que las actividades en torno a las ciencias lleven a los alumnos a indagar, observar, describir, responder a sus preguntas, adquirir conceptos, registrar información, poner a prueba ideas, expresar y relacionar la información que reciben en el aula para así crear su propio conocimiento. En México, el aprendizaje de las ciencias va en su mayoría de observar y expresar con pocos espacios para la experimentación y manipulación por ellos mismos, puesto que en su mayoría las experimentaciones que se realizan son tradicionales donde la docente expone y el alumno observa o imita.

El enfoque STEAM

STEAM, por las siglas en inglés *science, technology, engineering, arts and mathematics* (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas), es un enfoque en el cual se emplean las distintas similitudes entre las cinco disci-

plinas con bases en la teoría constructivista y que busca la resolución de problemas de manera creativa, logrando así un aprendizaje interdisciplinar y aplicado [5], desarrollando habilidades cognitivas, el interés y la creatividad en niños y adolescentes para que sean capaces de superar los retos del nuevo siglo, generando así un mayor conocimiento y fomento de las ciencias y tecnologías.

Históricamente, la National Science Foundation en Estados Unidos comienza a utilizar el acrónimo STEM (*science, technology, engineering and mathematics*) alrededor de los años noventa en su programa de educación K-20 [6], sin embargo, la Universidad de Rhode Island School of Design (RISD) en el año 2014 define la incorporación de las artes más el diseño a la agenda nacional de STEM en busca de un modelo educativo integral que prepare a las futuras generaciones para los retos del siglo XXI [7]. De acuerdo con la directora sénior de relaciones públicas de la RISD, Jaime Marland, por medio de un correo electrónico en el año 2020 donde se requirió información acerca de la propuesta a la incorporación de las Artes + Diseño comentó que “están preparados para transformar nuestra economía en el siglo XXI de forma muy parecida a la ciencia y tecnología en el pasado” [8], por lo cual STEAM se convierte en un movimiento defendido por la RISD y adoptado ampliamente por instituciones, corporaciones e individuos desde preescolar hasta bachillerato de manera nacional e internacional.

Como se mencionó con anterioridad, el enfoque STEAM se basa en la teoría constructivista de Jean Piaget, la cual concibe el conocimiento como una construcción propia del sujeto, que se realiza de manera permanente y en cualquier entorno en el que interactúe [9], donde los alumnos mediante la obtención de nuevos conceptos al interactuar con objetos o situaciones construyen su propio conocimiento de forma autónoma y a su ritmo con apoyo de una persona que sea su guía, en este caso los docentes. Esto se relaciona con la propuesta debido a la flexibilidad del trabajo con el programa de educación al seleccionar temas de ciencias del interés de los alumnos e implementar actividades con enfoque interdisciplinario, el cual favorezca la habilidad interpretativa de fenómenos físicos como son las fuerzas de atracción y repulsión en imanes.

Por otra parte, en el marco de la reforma educativa en México con la Nueva Escuela Mexicana y futuro programa de educación que está por en-

trar en vigor en el año 2024, se hace una sugerencia al colectivo docente por implementar el aprendizaje basado en la indagación con STEAM como enfoque, en el cual se hace una serie de recomendaciones para trabajar en el aula en un contexto actual mexicano mediante un ciclo de aprendizaje para la educación en STEAM [10]. Cabe mencionar que en el programa de 2017 se menciona la importancia que tiene la aplicación de intervenciones focalizadas en STEM como una forma de combatir la brecha de género, sin embargo, esto solo se comenta de forma general para toda educación básica, más no existen sugerencias para su aplicación en el aula.

Los imanes y el aprendizaje con educandos de preescolar

Utilizar los imanes en el proceso de aprendizaje con niños de nivel preescolar tiene ventajas notables, como la regulación del sistema sensorial; porque involucra actividades palpables, lo cual ayuda a incrementar la concentración y les proporciona serenidad [11]. Sin embargo, es pertinente mencionar que una de las desventajas en el trabajo con imanes en el salón de preescolar son las complicaciones derivadas por la ingesta de imanes, que puede tener consecuencias graves [12]. En consonancia con una postura ética en la investigación educativa, es indispensable hacer la recomendación para los profesores que pretendan trabajar este tópico con niños entre tres y seis años, que estas actividades se realicen en grupos pequeños, máximo con cinco niños, y que exista una supervisión escrupulosa por parte de la educadora o educador y preferentemente tenga una asistente para evitar la ingesta accidental de los imanes.

Por otra parte, para los educandos los fenómenos magnéticos suelen ser atractivos y disruptivos, sin embargo, distinguir e identificar los polos, es una tarea cognitivamente retadora, pero muy estimulante y gratificante para los niños. Si bien en el programa de educación de la SEP [13] no se establecen los temas a trabajar en ciencias en preescolar, la flexibilidad del mismo invita a las educadoras a abordar aquellos que representen un aprendizaje significativo para el alumno, guiándose de los aprendizajes esperados como *Comunica sus hallazgos al observar seres vivos, fenómenos y elementos naturales, utilizando registros propios y recursos impresos*, en donde no necesi-

riamente se debe trabajar con seres vivos, fenómenos y elementos de la naturaleza al mismo tiempo, sino que se puede partir de alguno de ellos, como es en el caso de las fuerzas de atracción y repulsión, pues es el aprendizaje esperado el que da la pauta sobre hacia dónde se debe dirigir el aprendizaje. Así, la manipulación de imanes favorecerá en los alumnos tanto sus habilidades cognitivas como la atención, la abstracción, la comprensión, la percepción, el razonamiento, entre otras, como el pensamiento científico.

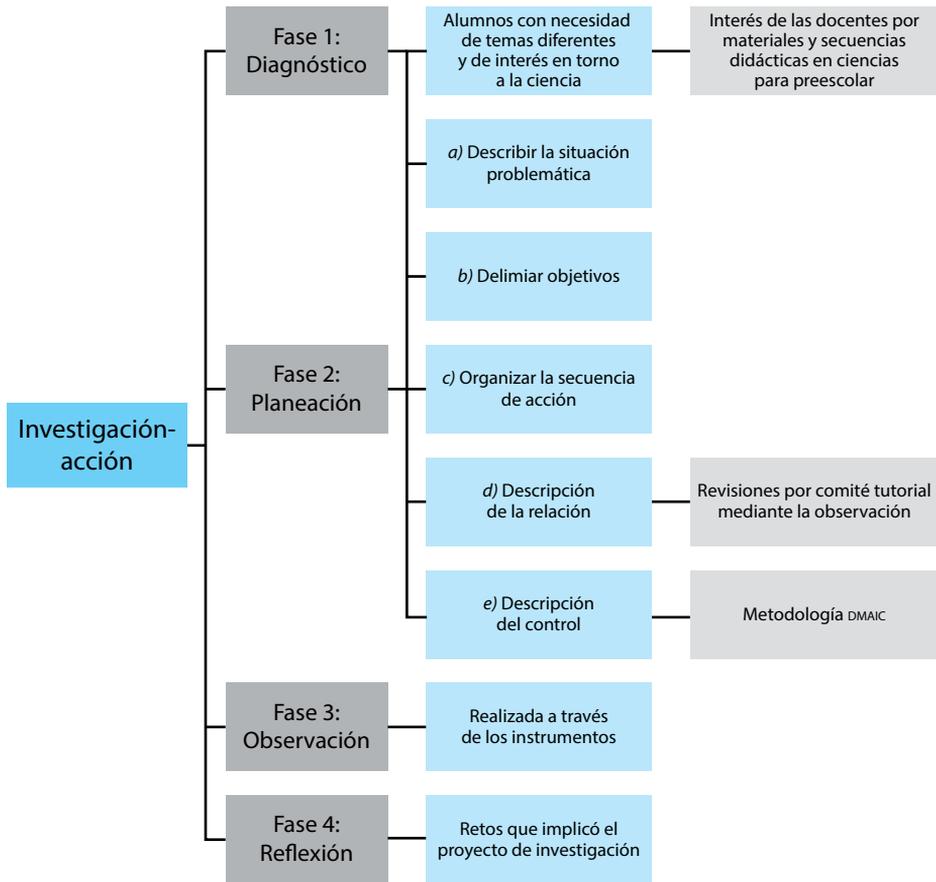
Metodología

La metodología seleccionada para la elaboración de la propuesta fue la investigación-acción, la cual es una forma de indagación hecha por el profesorado para mejorar sus acciones docentes y les posibilita revisar su práctica a la luz de evidencias obtenidas de los datos. Aquí el profesor es visto como un investigador, quien integra esto dentro de su práctica de manera reflexiva, lo que le sirve tanto para su autodesarrollo como para el trabajo con los alumnos, esto debe ir siempre ligado con las bases teórico-metodológicas docentes. Latorre propone un ciclo en espiral constituido por las siguientes fases: planificar, actuar, observar y reflexionar [14]. Es aquí donde STEAM y la investigación-acción se relacionan al seguir el proceso de un diagnóstico, planificación, puesta en escena y reflexión.

Para la realización de la presente investigación se efectuó una sistematización de la investigación-acción en relación con el desarrollo de la propuesta mediante un cuadro sinóptico (*vid.* figura 6.1), en el cual se colocó de manera breve para cada una de las cuatro fases con la intención de organizar las ideas y los objetivos de la investigación con la metodología de Latorre. Se parte de la idea central (en color naranja), en este caso la metodología seleccionada, de la cual se desprenden las ideas principales (en color amarillo), que son las cuatro fases de la metodología, que a su vez genera las ideas secundarias (en color azul), como son los aspectos o puntos a trabajar en cada una de las fases, y por último las ideas terciarias (en color verde), que son los ejemplos específicos o herramientas que salen de cada idea secundaria que requiera una especificación. Cabe mencionar que el

color de cada llave del cuadro sinóptico es meramente para su diferenciación entre cada una de las ideas.

Figura 6.1. Organizador gráfico para el desarrollo de la propuesta



Fuente: elaboración propia.

Implementación de STEAM

El proceso utilizado para la implementación STEAM fue la planificación del proyecto mediante el uso de una tabla de dimensión-actividad donde se contemplan las cinco disciplinas de manera integral, el diseño de la situación

didáctica, la puesta en escena, observaciones y la reflexión de la evaluación (*vid.* cuadro 6.2). Para facilitar la comprensión tanto del enfoque seleccionado como de su integración y trabajo en la investigación se elaboró un cuadro en donde se puede observar cómo está dividido el proyecto en cinco dimensiones y qué actividades se vinculan a ellas directamente, aunado a que las actividades y estrategias giran en torno a un tópico de física.

Cuadro 6.2. *Desglose del acróstico STEAM*

<i>Dimensión</i>		<i>Actividad vinculada</i>
S	Ciencia	Interacción y propiedades de los imanes.
T	Tecnología	Video-cuento "El imán acusador".
E	Ingeniería	Construcción de maqueta de simulador de un cohete (caja). Unión de las piezas para la maqueta (estambre e imanes).
A	Artes	Uso de diversos materiales artísticos para la decoración de la caja.
M	Matemáticas	Uso de regletas de Cuisenaire para medir longitudes.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, el desglose del acróstico STEAM tiene la finalidad de relacionar cada una de las dimensiones con las actividades a trabajar en el aula de preescolar. Por ejemplo, en la dimensión de ciencia el tópico se vincula a las fuerzas de atracción y repulsión magnéticas, por lo que se acredita que es un tema de física. Respecto a la tecnología, se destaca por utilizar material audiovisual educativo atractivo al presentar un cuento animado en relación con el tópico de física, el cual es un recurso novedoso al no contar con suficientes historias para preescolar en torno a las ciencias.

Por otra parte, en relación con la ingeniería se invita a los niños a la aplicación de conocimientos científicos, esto utilizando los imanes, para mover el clip; se trataba de retar a los niños para que utilizaran tantos imanes que permitiera que un clip quedara suspendido. Esto da nociones de cómo los imanes atraen cierto tipo de materiales. En consiguiente, las artes se ven reflejadas en la utilización de diversos recursos materiales para la creación de sus prototipos de acuerdo con su creatividad. Por último, las matemáticas se vinculan mediante el uso de las regletas Cuisenaire con el objetivo de estimular el pensamiento matemático por medio del conteo y la medición en sus prototipos, lo que favorece que ellos puedan dimensionar jugando.

Contexto de la investigación

La propuesta se diseñó para favorecer el aprendizaje de las fuerzas de atracción y repulsión en imanes con alumnos de nivel preescolar; fue mediante una situación didáctica titulada Mundo Imán, con la cual se buscó desarrollar habilidades cognitivas e interpretativas en los estudiantes, tomando en cuenta los aprendizajes esperados del Programa de Educación Básica Aprendizajes Clave para la Educación Integral de la SEP.

La implementación de esta propuesta se llevó a cabo del 17 al 21 de abril de 2023 en un grupo de segundo de preescolar de un colegio particular en Santiago de Querétaro, Querétaro, México. Con una población de 18 alumnos, de los cuales 10 son niñas y ocho niños. Cabe mencionar que se contemplaron tres casos en los cuales se debía dar un acompañamiento específico debido a tanto barreras de aprendizaje como necesidades educativas especiales, esto requirió de una adecuación específica que fue apoyar en la realización, comprensión e interpretación tanto de las actividades como de los conceptos sin dejar de lado su participación por sus propios medios. Además, durante la puesta en escena faltó un alumno toda la semana, por lo que solo se tomaron en cuenta 17 respuestas.

Situación didáctica

Para la propuesta se realizó una situación didáctica de preescolar haciendo uso de un formato de carácter orgánico e íntegro del mismo puesto a que cumple con los requerimientos establecidos por la SEP acorde al programa de educación Aprendizajes Clave. En este formato se incluyen los propósitos del nivel preescolar, del campo de formación académica (Exploración del Mundo Natural y Social), las áreas de desarrollo personal y social, los aprendizajes esperados, el método o estrategia didáctica, las estrategias de aprendizaje, las técnicas de aprendizaje, la secuencia de actividades, los recursos didáctico o apoyos para la educadora, los aprendizajes articulados, entre otros aspectos.

La situación didáctica lleva por nombre Mundo Imán, en relación con el tópico de física que se trabajó, las fuerzas de atracción y repulsión, divi-

dida en tres partes: inicio, desarrollo y cierre, que se trabajaron durante una semana por un periodo de tiempo de entre 15 a 30 minutos de acuerdo con los horarios de trabajo de la institución y el grupo.

Implementación

Inicio: Día 1. Observación de un video-cuento titulado “El imán acusador”, de autor desconocido, así como también se les mostró el video “Mundo Imán” de la marca educativa Pinkfong [15]. De esta observación se realizó una batería de preguntas (*vid.* cuadro 6.3) que funcionaran como una guía para los estudiantes al momento de dar sus respuestas con un enfoque más crítico y de indagación respecto al tema que se les presentaría; esta primera parte constó de 15 minutos.

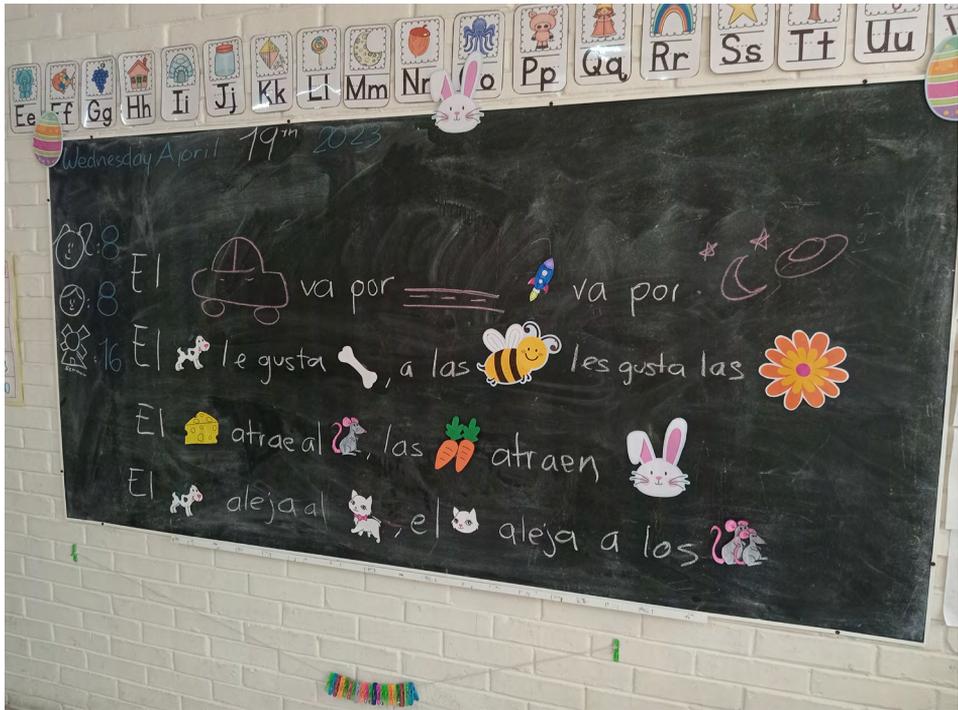
Cuadro 6.3. *Batería de preguntas para la observación*

<i>El imán acusador</i>	<i>Mundo Imán</i>
• ¿Qué pasaba con los objetos (clavo, lata, camión, etc.)?	• ¿Qué objeto tenían la tortuga y la libélula?
• ¿Qué objetos se “pegaban” a Luis?	• ¿Qué pasaba con el imán?
• ¿Por qué se pegaban al pantalón de Luis?	• ¿Qué cosas se le “pegan” al imán?
• ¿Estuvo bien lo que hizo Luis (llevarse el imán)?	• ¿Qué palabras utilizaron?
• ¿Por qué estuvo bien/mal?	• ¿De qué colores eran los imanes?

Fuente: elaboración propia.

Desarrollo: Día 2. Se realizó una puesta en común de acuerdo con cuatro analogías con objetos y animales fácilmente de relacionar entre sí y que a su vez llevaran a los alumnos a relacionar el concepto de atracción con “pegar”, “acercar” o “le gusta” y repulsión con “empujar”, “alejar” o “no le gusta”, por medio del método global de lectoescritura; en el pizarrón se escribieron las cuatro analogías, una por una, donde se omitía la escritura de alguna palabra cambiándola por una imagen, facilitando así la lectura y comprensión de las mismas (figura 6.2). Dichas analogías fungían como base para la obtención y comprensión de cómo un objeto es atraído por otro o en caso contrario se repelen; esta sesión constó de 20 minutos.

Figura 6.2. Analogías para preescolar



Fuente: elaboración propia.

Desarrollo: Día 3. Una vez realizadas las analogías y relacionado los conceptos de atracción y repulsión se llevó a cabo la elaboración de una simulación de cohete, que consistió en construir una pequeña y sencilla simulación haciendo uso de una caja de zapatos, la cual por medio del uso de materiales de arte la convertirían en el espacio con estrellas y su respectivo cohete [16]. Para esta estrategia se parte de la primera analogía presentada: *el carro va por el camino, el cohete va por el espacio*, la cual demostraba el trayecto que hace el cohete (subir) hasta el espacio.

Enseguida, se ejemplificó esta misma trayectoria con un dibujo de un cohete de papel y un imán; al cohete se le colocó un clip por detrás y se solicitó a los alumnos, mediante una puesta en común, que hicieran sus supuestos de lo que pasaría con él si se le acercaba un imán, a lo que la respuesta de los estudiantes fue el que el imán atraería el cohete. Dicha simulación constó de colocar un imán en la parte superior de la caja, amarrar

con un hilo o estambre el cohete y el clip para soltarlo a una distancia considerable entre el imán y el cohete para así observar como este último queda suspendido por la fuerza de atracción entre el imán y el clip (figura 6.3). La sesión tuvo una duración de 15 minutos.

Figura 6.3. Simulación de vuelo de un cohete



Fuente: elaboración propia.

Desarrollo: Día 4. Durante la elaboración de la estrategia se motivó a los alumnos a resolver el problema de cómo lograrían que el cohete llegara hasta el imán. Por lo que se realizó la medición de su caja de zapatos por medio de las regletas de Cuisenaire, de las cuales ellos tenían previos conocimientos, por lo que su implementación facilitó la comprensión de la cantidad de estambre que necesitan para que el cohete llegue hasta el imán en el “techo” de su caja. Una vez realizadas estas actividades, se ensamblaron y se hicieron pruebas para comprobar que sus mediciones fueron correctas o si necesitaban modificaciones para lograr la simulación. La sesión tuvo una duración de 20 minutos.

Cierre: Día 5. Se realizó una experimentación con diversos objetos del salón para verificar las fuerzas de atracción y repulsión de los mismos con los imanes; se entregaron imanes redondos de un tamaño de 16×4 cm aproximadamente, de manera individual, para la exploración de objetos como lápices, hojas blancas, espirales metálicos de cuaderno, pinzas de plástico con aro de metal, sillas, clips, pintura y tijeras. Una vez realizada la exploración con los materiales se generó un vaciado de información por medio de una hoja didáctica, la cual consistía en colorear una cara feliz o triste relacionándolas con las características magnético y no magnético de acuerdo con cada objeto manipulado. Esta última parte constó de 30 minutos.

Instrumentos

En el nivel preescolar la evaluación es de tipo cualitativa, por lo que no existe un referente numérico como normalmente se trabaja en otros niveles educativos. Este tipo de evaluación se puede realizar por momentos (inicial, continua, final o diferida), de acuerdo con su finalidad (diagnóstica, formativa o sumativa) e incluso por el agente evaluador (interna, autoevaluación, coevaluación, heteroevaluación o externa), en este caso se realiza una evaluación de carácter cualitativo y tipo formativa [17].

El instrumento seleccionado para la indagación y evaluación de la investigación, primeramente, fue la hoja didáctica *Explorando con imanes* para la recolección de información escrita por los alumnos, que es una adecua-

ción de un material en inglés [18]. En cuanto a los instrumentos de evaluación para la situación didáctica se tomó un formato de guía de observación [19], del cual se realizó una modificación acorde a los lineamientos del programa de educación Aprendizajes Clave y a los objetivos de la propuesta.

El primer instrumento de evaluación utilizado para la secuencia didáctica fue la guía de observación, la cual consta de tres apartados: el primero es una tabla con el campo de formación académica, los componentes curriculares 1 y 2 y el aprendizaje esperado, el segundo apartado son los indicadores de observación insuficiente, básico, satisfactorio y sobresaliente, donde insuficiente es el nivel más bajo y sobresaliente es el más alto; estos indicadores van en torno al aprendizaje esperado a evaluar y el tercer apartado es una tabla con la lista de los nombres de todos los alumnos junto con los indicadores antes mencionados, en donde se marcará la casilla de acuerdo al nivel en el que se encuentran los alumnos.

El segundo instrumento para la evaluación del proyecto fue la rúbrica de habilidades interpretativas para el fenómeno de fuerza de atracción y repulsión. Este instrumento consta de un gráfico dividido en dos secciones: la primera indica los elementos de la habilidad interpretativa para el fenómeno y la segunda indica los niveles del logro de los alumnos. Para cada uno de los niveles de logro se colocó una imagen en relación con el proceso de crecimiento de una mariposa con el fin de hacer el instrumento de evaluación más sencillo para comprender en qué nivel se encuentra el estudiante; ambas partes convergen en una sola evaluación.

Resultados

Los resultados obtenidos de la situación didáctica “Mundo Imán” en un grupo de segundo de preescolar con alumnos de entre cuatro y cinco años, conforme a las evaluaciones con las guías de observación, arrojan que en el aprendizaje esperado “Describe y explica las características comunes que identifica entre seres vivos y elementos que observa en la naturaleza” fueron: 1 alumno (5.6%) sin respuesta, 0 alumnos (0%) en insuficiente, 2 alumnos (11.5%) en básico, 8 alumnos (44.4%) en satisfactorio y 7 alumnos (38.9%)

en sobresaliente. En el segundo aprendizaje esperado “Experimenta con objetos y materiales para poner a prueba ideas y supuestos” se encontró: 1 alumno (5.6%) sin respuesta, 0 alumnos (0%) en insuficiente, 0 alumnos (0%) en básico, 11 alumnos (61.1%) en satisfactorio y 6 alumnos (33.3%) en sobresaliente.

Por otra parte, los resultados obtenidos de la evaluación con la rúbrica de habilidades interpretativas muestran que en el elemento de habilidad interpretativa de identificación (observar la interacción de los imanes) se obtuvo: 1 alumno (5%) sin respuesta, 0 alumnos (0%) en básico, 7 alumnos (39%) en desarrollo y 10 (56%) en logrado. Para el elemento de habilidad interpretativa de comprensión (identificación de las fuerzas) se obtuvo: 1 alumno (5%) sin respuesta, 1 alumno (6%) en básico, 9 alumnos (50%) en desarrollo y 7 alumnos (39%) en logrado. Por último, para el elemento de habilidad interpretativa de reconocimiento (materiales que no son atraídos por imanes) se obtuvo: 1 alumno (5%) sin respuesta, 0 alumnos (0%) en básico, 1 alumno (6%) en desarrollo y 16 (89%) en logrado.

De los resultados obtenidos, encontramos que los alumnos de segundo de preescolar se encuentran en su mayoría en un nivel satisfactorio en cuanto a la descripción y experimentación con los imanes que favorecen la adquisición de los conceptos de atracción y repulsión como característica principal del imán, mediante la manipulación de dichos objetos. Respecto al desarrollo de habilidades interpretativas, los alumnos en su mayoría muestran avances significativos en cuanto a la inferencia de que cada polo del imán debe ser diferente para atraerse e iguales para repelerse, comprenden que a mayor distancia menor será la fuerza de atracción y a menor distancia mayor será la fuerza como parte de la adquisición de conceptos básicos, así como de la explicación de estos mismos mediante sus propias palabras.

Además, es notorio que las actividades prácticas o donde el alumno sea participe en la experimentación mejora el reconocimiento del fenómeno de las fuerzas de atracción y repulsión mediante la manipulación de objetos e imanes. Conforme a los objetivos establecidos se logra planificar y diseñar una situación didáctica mediante el apoyo de la tabla de dimensiones-actividades, la cual nos lleva a la ejecución de esta misma, que favorece la indagación y exploración.

Conclusiones

En conclusión, la aplicación de la propuesta cumple con el objetivo de planificar, diseñar y ejecutar una situación didáctica con enfoque STEAM que, de acuerdo con los datos obtenidos a partir de las guías de observación, tiende a favorecer el desarrollo del pensamiento científico en el nivel preescolar, para el tema de las fuerzas de atracción y repulsión en imanes. En este sentido, con la implementación de la situación didáctica con enfoque STEAM descrita a lo largo de este documento 80% de los alumnos desarrolla de forma satisfactoria la habilidad interpretativa respecto a la comprensión e interpretación de las fuerzas de atracción y repulsión. Además, el desarrollo de una situación didáctica en física ayuda de manera beneficiosa al desarrollo de la habilidad interpretativa en niños de cuatro y cinco años, acorde a los datos obtenidos a partir de la rúbrica.

Como se mencionó en secciones anteriores, la experimentación en el aula de preescolar va en su mayoría de observar lo expuesto por la docente y replicar, dejando pocos espacios para la manipulación con los objetos, lo que provoca que se pierda la atención del alumno rápidamente. En esta propuesta, al dejar que el alumno sea partícipe en la experimentación con imanes vuelve el aprendizaje más atractivo y provoca en los alumnos una motivación por indagar acerca de lo que tienen en sus manos y generar sus propias hipótesis.

Si bien tanto la participación activa, continua y oral de los alumnos como el diseño y desarrollo de una estrategia STEAM didáctica adecuada para preescolar muestran efectos beneficiosos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física a temprana edad y el desarrollo de habilidades interpretativas, es necesario continuar con la promoción a las ciencias desde otro enfoque más allá de la experimentación por reacción y dejar de lado las prácticas tradicionales, en donde la observación es lo único en lo que puede ser partícipe el alumno.

Agradecimientos

En este apartado se reconoce y agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) como la instancia que ha apoyado mis estudios y el desarrollo de la presente investigación No. cvu 1203450 titulada “Aprendizaje de las fuerzas de atracción y repulsión en imanes con alumnos de nivel preescolar usando el enfoque STEAM”, así mismo a la doctora Fabiola Escobar Moreno y al doctor Juan Carlos Ruiz Mendoza por su acompañamiento durante el desarrollo de la investigación. Por último, al Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional por el apoyo durante mi estadía como estudiante.

Referencias

- [1] Secretaría de Educación Pública (SEP) (2017). Programa de educación preescolar, aprendizajes clave para la educación integral. SEP.
- [2] Olvera, A., Pérez, L., Méndez, A., y Ramírez, H. (2018). Interacción entre físicos y profesoras de preescolar para desarrollar estándares de ciencia. *RIDE*, 9(17), 741.
- [3] Ramírez, M., Nieto, G., García, L., y Chávez, D. (2017). Teaching Physics at Preschool Level for Mexican Students in Order to Achieve the National Scientific Standards. *European Journal of Physics Education*, 6(3), 8.
- [4] Secretaría de Educación Pública (SEP) (2017). ¿Qué se aprende? Contenidos. En *Programa de educación preescolar, aprendizajes clave para la educación integral*. SEP.
- [5] Sánchez, E. (2019). La educación Steam y la cultura “maker”. *Padres y Maestros*, 379, 45.
- [6] Perales, J., y Aguilera, D. (2019, 25 de junio). La educación Steam: Algo más que unas siglas. *Granada Hoy*. https://www.granadahoy.com/granada/steam-educación-ciencia-tecnología_0_1367263263.html.
- [7] Rhode Island School of Design (RISD) (2014,). *Rhode Island School of Design Launches Steam Map to Demonstrate Global Activity and Support for the Movement*. RISD. <https://www.risd.edu/news/for-press/press-releases/rhode-island-school-design-launches-steam-map-demonstrate-global>.
- [8] González-Villarreal, M. (2020, 20 de febrero). *Information Request About Steam* [Comunicación personal vía correo electrónico].
- [9] Saldarriaga-Zambrano, P., Bravo-Cedeno, G., y Loor-Rivadeneira, M. (2016). La teoría constructivista de Jean Piaget y su significación para la pedagogía contemporánea. *Dominio de las Ciencias*, 2(3 esp.), 127-137.

- [10] Secretaría de Educación Pública (SEP) (2022). Sugerencias metodológicas para el desarrollo de los proyectos educativos: Ciclo escolar 2022-2023. SEP.
- [11] Imanix (2023, 20 de marzo). 6 beneficios de los juegos magnéticos en tus niños. *Brain Toys*. <https://www.braintoys.cl/blogs/blog/beneficios-de-los-juegos-magneticos-en-niños>.
- [12] Falcon, A. C., Fernández-Valdés, L., Iglesias, C., y Saps, M. (2022). La ingestión de Imánes no conoce fronteras: Una amenaza para los niños latinoamericanos. *Revista de Gastroenterología de México*, 87(3), 292.
- [13] Gilar, R. (2003). *Adquisición de habilidades cognitivas: Factores en el desarrollo inicial de la competencia experta*. Universidad de Alicante.
- [14] Latorre, A. (2005). *La investigación-acción: Conocer y cambiar la práctica educativa*. Grao.
- [15] Pinkfong en Español (2020, 13 de marzo). *Mundo Iman: Atrae-empuja* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=r6CV65ju9qM&t=2s>.
- [16] Román, S. (s/f). Descubriendo la gravedad con imanes. *Mami Experimentos*. <https://mamiexperimentos.com/experimentos-cientificos/primaria/descubriendola-gravedad-con-imanos>.
- [17] Secretaría de Educación Pública (SEP) (2018). *La evaluación formativa y su vínculo con la enseñanza y el aprendizaje: Evaluar para aprender*. SEP.
- [18] Rosey. (2018, 11 de diciembre). Magnet Activities. *Fairy Poppins*. <https://www.fairypoppins.com/magnet-activities>.
- [19] García, C. (2019). *Guía de observación: Instrumento de evaluación*.

7. Explorando la evolución de la instrucción basada en la indagación en la enseñanza de la física: Del modelo 5E al modelo 7E

PRISCILA LOYA RAMÍREZ*
RICARDO GARCÍA-SALCEDO**

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.07>

Resumen

El artículo examina la evolución de la instrucción basada en la indagación en la enseñanza de la física, centrándose en la introducción y extensión del modelo 7E a partir del modelo previo, el 5E. Se profundiza en los antecedentes históricos y las motivaciones que impulsaron esta transición, seguido de un análisis exhaustivo del modelo 7E en la literatura académica. Se destacan las aplicaciones exitosas del modelo 5E en la enseñanza de la física y se subrayan las mejoras potenciales en el compromiso y la comprensión conceptual de los estudiantes a través del modelo 7E expandido. Este artículo contribuye al diálogo en curso sobre estrategias efectivas de enseñanza en física, enriqueciendo nuestra comprensión de enfoques pedagógicos que fomentan un aprendizaje más profundo y significativo en este campo. Además, se propone, a modo de ejemplo, una estrategia didáctica basada en el modelo de las 7E para asegurar la comprensión del concepto de energía. Con rigurosidad académica, se espera que este estudio sobre el modelo 7E impulse prácticas educativas más eficaces y alineadas con las necesidades contemporáneas en el ámbito de la enseñanza de la física.

* Maestra en Ciencias en Física Educativa. Profesora de Física en el Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chihuahua, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3561-8439>

** Doctor en Ciencias (Física). Profesor del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0173-5466>

Palabras clave: *instrucción basada en la indagación, modelo 5E, modelo 7E, enseñanza de la física, evolución instruccional.*

Introducción

La indagación es un concepto que fue presentado por primera vez en 1910 por John Dewey [1]. El enfoque del aprendizaje basado en la indagación se erige como una estrategia pedagógica en la que los estudiantes asumen la responsabilidad de su propio proceso de aprendizaje, inmersos en la exploración y el cuestionamiento de temas que capturan su interés. Una destacada virtud de esta metodología radica en su capacidad para cultivar en los estudiantes habilidades trascendentales de pensamiento crítico y resolución de problemas. Asimismo, el aprendizaje basado en indagación arroja un beneficio adicional al propiciar una adquisición más sustancial y perdurable del conocimiento [2].

Este enfoque educativo fomenta el aprendizaje colaborativo al guiar a los estudiantes a través de la metodología científica, incentivándolos a formular preguntas fundamentales que a su vez convergen en la creación de hipótesis sólidas [2]. La orientación hacia la indagación no solo empodera a los estudiantes como protagonistas activos de su propio aprendizaje, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades de comunicación y colaboración, esenciales en un mundo caracterizado por la interconexión y la información compartida.

Dewey ofreció recomendaciones fundamentales que aún resuenan en la pedagogía contemporánea. Entre estas, destaca la importancia de iniciar el proceso educativo desde experiencias auténticas y actuales, identificar problemas o dificultades derivados de estas experiencias, examinar minuciosamente los datos disponibles y explorar soluciones prácticas. Asimismo, sugirió la formulación de hipótesis como parte esencial del proceso, instando a verificar estas hipótesis a través de la acción [1]. Todas estas directrices se encuentran claramente reflejadas tanto en el modelo 5E como en su evolución, el modelo 7E.

El paradigma didáctico conocido como modelo 5E trasciende la barrera entre la forja cognitiva de conceptos y saberes, y las inmersiones prácticas

en la indagación y experimentación, amalgamando estos elementos de manera fluida y orgánica. Su esencia radica en su aspiración a replicar la trayectoria evolutiva del conocimiento científico a lo largo del tiempo, convergiendo en una experiencia educativa coherente y rica en matices [3].

Este enfoque holístico busca amalgamar la adquisición de conocimientos con la aplicación práctica, invocando a los estudiantes a participar activamente en la construcción de su entendimiento. El modelo 5E ejemplifica cómo la instrucción puede trascender la mera transferencia de información, promoviendo la interacción con los conceptos a través de la exploración, el análisis y la síntesis. De esta forma, no solo fomenta una comprensión profunda, sino que también estimula habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico, vitales para el crecimiento intelectual y la preparación para los desafíos del mundo moderno.

Según Bybee [4], la implementación exitosa de la enseñanza y el aprendizaje basados en la indagación implica la integración armónica de tres componentes esenciales. En primer lugar, se destacan las habilidades de indagación, delineando las acciones que los estudiantes deben llevar a cabo. En segundo lugar, se resalta la necesidad de adquirir conocimiento sobre la naturaleza misma de la indagación. Y finalmente, se subraya la importancia de una aproximación pedagógica específica para enseñar los contenidos científicos, delineando las responsabilidades de los educadores. Estos componentes, claramente articulados por Bybee, se manifiestan de manera evidente en las diversas etapas del modelo 5E.

El modelo instruccional de indagación denominado 7E, concebido por Arthur Eisenkraft en 2003 [5], emerge como una evolución natural del ya establecido modelo 5E. Este enfoque expandido se compone de siete etapas secuenciales profundamente entrelazadas en el ciclo de aprendizaje: elicitación, enganchar, explorar, explicar, elaborar, evaluar y extender [6].

La propuesta de Eisenkraft destaca por su enriquecimiento de la fase inicial [5]. La adición de la etapa de elicitación, situada antes del compromiso inicial, persigue el propósito de desentrañar y recuperar las concepciones previas de los estudiantes. Además, esta expansión integra la fase de extender, la cual sigue a las etapas de elaborar y evaluar. Este añadido busca potenciar la conexión entre los nuevos conocimientos adquiridos y su aplicación en contextos más amplios y desafiantes. En conjunto, estas extensiones

optimizan la inmersión en el proceso indagatorio, estimulando un compromiso más profundo y una comprensión más abarcadora de los conceptos.

El propósito de este capítulo es introducir el modelo de las 7E, contextualizando sus orígenes y presentando detalladamente cada una de sus etapas. El objetivo central es proporcionar a la comunidad educativa una propuesta didáctica basada en el modelo de las 7E para la enseñanza del concepto de *energía*, específicamente dirigida a estudiantes de nivel bachillerato. Esta meta se formula a partir de la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo impacta la transición del modelo 5E al modelo 7E en la enseñanza de la física, específicamente en la comprensión conceptual y el compromiso de los estudiantes, y cuáles son las implicaciones de esta evolución para la práctica educativa contemporánea?

Antecedentes históricos y justificación de la ampliación del modelo 5E

El constructivismo emerge como una corriente pedagógica fundamental que pivota en torno al aprendizaje anclado en el estudiante. En línea con esta perspectiva, se postula que el proceso de aprendizaje es una construcción activa y personalizada, moldeada a través de la exploración práctica y la reflexión sobre las experiencias vividas [6].

Este enfoque, en su esencia, empodera a los estudiantes al permitirles erigir su entendimiento mediante la integración de la experimentación y la reflexión. El constructivismo se erige como un puente entre los conocimientos previos y la creación de nuevos saberes, enriqueciendo la comprensión y la percepción del mundo que les rodea [6]. Al fomentar la relación activa entre el individuo y el conocimiento, el constructivismo no solo nutre la adquisición de datos, sino que también estimula la curiosidad, la autorreflexión y el pensamiento crítico, elementos esenciales para el aprendizaje autónomo y profundo.

El constructivismo destaca como un enfoque pedagógico de amplitud notable en la educación científica. Representando un viraje sustancial del paradigma de enseñanza al aprendizaje, se erige en la edificación del conocimiento en lugar de su mera reproducción. Al abrazar esta orientación

educativa, se habilita a los estudiantes para no solo comprender, sino también desarrollar una variedad de procesos inherentes a la práctica científica. Este enfoque genera un entorno en el cual las ideas y la imaginación de los estudiantes florecen [7].

Al empoderar a los estudiantes como participantes activos en la construcción de su conocimiento, el constructivismo nutre una comprensión profunda y duradera. Los estudiantes se involucran en la búsqueda activa de respuestas, se enfrentan a la resolución de problemas y se aventuran en la exploración del mundo científico. En última instancia, este enfoque cultivará habilidades de pensamiento crítico, creatividad y resolución de problemas, preparándolos para una comprensión más completa de la ciencia y su aplicación en la vida real.

El enfoque pedagógico del modelo del ciclo de aprendizaje arraiga en los principios del constructivismo, donde los estudiantes asumen el rol central en la construcción de su propio conocimiento. Mecit [8] subraya cómo los educadores en el ámbito de la educación científica han buscado establecer un enfoque de enseñanza que priorice al estudiante, y uno de los métodos más eficaces para lograrlo en el aula es a través de la implementación de ciclos de aprendizaje. Estos ciclos, compuestos por una serie de estrategias premeditadas, son empleados por el instructor a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La concepción de los ciclos de aprendizaje se arraiga en la teoría del desarrollo mental propuesta por Jean Piaget, un influyente teórico del constructivismo. Estos ciclos no solo se basan en la idea de que los estudiantes deben ser participantes activos en su educación, sino que también reconocen la necesidad de un enfoque guiado que optimice la comprensión y la adquisición de conocimientos. Mediante la integración de ciclos de aprendizaje, se busca fomentar la autonomía y la autorreflexión, cultivando un entorno en el que los estudiantes puedan explorar, cuestionar y construir su comprensión de los conceptos científicos de manera más profunda y personal.

El ciclo de aprendizaje emerge como un enfoque vanguardista en la pedagogía científica, dotando a los educadores de una herramienta poderosa. De acuerdo con Demircioglu *et al.* [9], la metodología del ciclo de aprendizaje se revela particularmente eficaz en la enseñanza de conceptos

concretos en el ámbito de las ciencias. En el artículo de Edmund [10] se profundiza en esta noción al explicar cómo el ciclo de aprendizaje, como enfoque pedagógico, demuestra ser la estructura ideal para la investigación científica.

Este modelo innovador de aprendizaje despliega enfoques planificados y secuenciales en diversas formas. Funciona como una estrategia instruccional inquisitiva, en sintonía con la teoría del constructivismo [6]. Al proporcionar una estructura ordenada, el ciclo de aprendizaje capacita a los educadores para guiar a los estudiantes en la exploración activa y el descubrimiento de conceptos científicos. Además de promover la comprensión profunda, también fomenta habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, preparando a los estudiantes para una participación significativa en el mundo científico y más allá.

Se han implementado diversos modelos de ciclos de aprendizaje, abarcando desde el emblemático enfoque de las 3E hasta el más intrincado modelo de las 7E. Un avance adicional en esta dirección es el emergente modelo de las 9E, el cual constituye una evolución del ya establecido enfoque de las 7E, según la propuesta reciente [6].

En la evolución hacia el modelo instruccional indagatorio de las 7E, se observan modelos anteriores que han contribuido a su desarrollo:

1. *Modelo de Ciclo de Aprendizaje de las tres Fases* [11]. La primera iteración del ciclo de aprendizaje se compuso de tres fases, introducida por Karplus y Thier en 1967 [11]. Estas etapas comprendían la exploración, la invención y el descubrimiento [6]. Posteriormente, en la década de los ochenta, Lawson realizó modificaciones en dos términos de las tres fases del modelo de ciclo de aprendizaje. El término “invención” fue reemplazado por “introducción” y “descubrimiento” fue cambiado a “aplicación” [6].
2. *Modelo Instruccional Indagatorio de las 5E*. El modelo instruccional de las 5E, concebido en 1987 por el Biological Science Curriculum Study (BSCS), se compone de cinco etapas: enganche, exploración, explicación, elaboración y evaluación [6]. La evolución de estos modelos culminaría en la concepción del modelo de las 7E, el cual amplía las etapas del aprendizaje al agregar “elicitación” y “extender”, permitiendo

un enfoque aún más completo y profundo en la enseñanza y el aprendizaje basados en la indagación [6].

El modelo de las 5E

El modelo de las 5E es un enfoque didáctico utilizado en la educación que se centra en el proceso de enseñanza-aprendizaje, diseñado para promover el aprendizaje activo, la exploración y la construcción de conocimiento por parte de los estudiantes. Cada “E” en el modelo representa una etapa clave en el ciclo de aprendizaje, y estas etapas son: *engage* (enganchar), *explore* (explorar), *explain* (explicar), *elaborate* (elaborar) y *evaluate* (evaluar).

1. *Engage (Enganchar)*: En esta etapa se busca captar el interés y la atención de los estudiantes en el tema que se va a explorar. Puede involucrar preguntas, discusiones, presentaciones visuales u otras estrategias para provocar la curiosidad y generar conexiones con el conocimiento previo de los estudiantes.
2. *Explore (Explorar)*: En esta fase los estudiantes se sumergen en actividades prácticas, experimentos o investigaciones que les permiten explorar conceptos por sí mismos. Se fomenta la observación, la recolección de datos y la formulación de preguntas.
3. *Explain (Explicar)*: Después de la exploración, los estudiantes participan en discusiones y actividades guiadas por el maestro para analizar los resultados de sus exploraciones. Aquí se proporciona información conceptual y se presentan conceptos clave para establecer una base sólida de entendimiento.
4. *Elaborate (Elaborar)*: En esta etapa los estudiantes profundizan en el tema a través de actividades más complejas. Pueden realizar proyectos, investigaciones más detalladas o aplicaciones prácticas de los conceptos aprendidos, lo que les permite construir conexiones más profundas.
5. *Evaluate (Evaluar)*: La última etapa implica la evaluación del aprendizaje. Los estudiantes pueden demostrar su comprensión a través de pruebas, proyectos, discusiones o cualquier otra forma de evaluación.

que permita al maestro medir su nivel de conocimiento y habilidades adquiridas.

Este modelo se basa en el constructivismo, una teoría del aprendizaje que enfatiza la construcción activa del conocimiento por parte del estudiante. El modelo de las 5E se ha utilizado ampliamente en la enseñanza de las ciencias, pero su enfoque en el aprendizaje activo y la exploración lo hace adaptable a diversos campos de estudio.

El modelo de las 7E

El modelo instruccional indagatorio de las 7E, concebido por Arthur Eisenkraft en 2003 [5], se presenta como una expansión lógica y enriquecedora del ya establecido modelo de las 5E. El modelo de las 7E se articula alrededor de siete etapas cruciales en el ciclo de aprendizaje: elicitar, enganchar, explorar, explicar, elaborar, evaluar y extender [6].

La continua evolución y mejora de los modelos educativos son imperativas para reflejar los avances en la comprensión pedagógica y las necesidades cambiantes de los estudiantes [5]. A pesar del éxito notorio del modelo de las 5E, la continua investigación en el ámbito del aprendizaje y la integración de esos nuevos conocimientos en los planes de estudio y el desarrollo curricular impulsaron la necesidad de ampliar el enfoque al modelo de las 7E [5].

La propuesta de Eisenkraft [5] para este modelo expandido radica en la extensión de la etapa de enganche. Esto se manifiesta en la introducción de la etapa de elicitar antes, con el propósito de identificar y recuperar las ideas previas de los estudiantes. Adicionalmente, se integra la fase de extender después de las etapas de elaborar y evaluar.

Es crucial notar que la expansión propuesta del modelo de las 5E no sustituye la fase de enganche por la de elicitar, sino que conserva el enganche como componente esencial en una instrucción efectiva. El objetivo es mantener el entusiasmo y el interés de los estudiantes en diversas formas mientras se identifican las concepciones previas. Por lo tanto, el componente de elicitar se destaca como un recordatorio de su trascendencia en el

proceso de aprendizaje y construcción de significado [5]. Esta expansión es testimonio del enfoque dinámico y adaptativo necesario en la educación en constante evolución.

El modelo de las 7E es un enfoque pedagógico en la enseñanza que extiende y enriquece el conocido modelo de las 5E. Este modelo fue desarrollado en [5] con el objetivo de ofrecer una metodología más completa y efectiva para la instrucción basada en la indagación. Al agregar dos etapas adicionales al proceso de aprendizaje, el modelo de las 7E proporciona un marco más detallado y secuencial para guiar a los estudiantes en su exploración y comprensión de conceptos.

Las etapas del modelo de las 7E son las siguientes:

1. *Elicit (Elicitar)*: En esta etapa se busca identificar y recuperar las ideas previas de los estudiantes sobre el tema en cuestión. Se trata de activar el conocimiento que los estudiantes ya poseen antes de comenzar el nuevo aprendizaje. Durante la fase de elicitación, el papel del profesor se vuelve fundamental y dinámico. Adoptando un rol activo, el docente puede emplear estímulos externos que toman forma en viñetas conceptuales, mapas mentales incompletos o mapas conceptuales que ofrecen la idea central del tema en cuestión [7]. Esta estrategia no solo inicia el proceso de aprendizaje, sino que también establece un punto de partida para la conexión entre los conceptos nuevos y los conocimientos previos de los estudiantes. La fase de elicitación involucra una participación activa por parte de los estudiantes. Con la entrega de la idea central del concepto, los estudiantes se embarcan en la tarea de enlazar este nuevo concepto con su conjunto existente de conocimientos previos. Este momento brinda a los estudiantes el espacio necesario para proyectar sus propias ideas y estimular su creatividad, abriendo la puerta a la construcción de significados y conexiones personales [7]. En última instancia, la fase de elicitación fomenta un entorno colaborativo y exploratorio donde tanto el profesor como los estudiantes trabajan en conjunto para establecer una base sólida de entendimiento, a la vez que cultivan un terreno propicio para el pensamiento crítico y la construcción autónoma del conocimiento [12].

2. *Engage (Enganchar)*: Similar a la etapa “engage” en el modelo de las 5E, aquí se busca captar la atención y el interés de los estudiantes en el tema mediante preguntas, discusiones u otras estrategias que generen curiosidad. El docente asumirá el papel de generador de interés y fomentará el entusiasmo de los estudiantes hacia el concepto de múltiples maneras, empleando tácticas como la presentación de actividades científicas breves pero impactantes. Durante esta etapa, el educador estará atento a la identificación de los conceptos erróneos previos que los estudiantes puedan tener, a fin de abordarlos de manera efectiva y fortalecer la comprensión [7]. En paralelo, los estudiantes se sumergirán en una lluvia de ideas colaborativa en la fase de participación. Aprovechando la técnica de intercambio de pares, compartirán sus reflexiones e ideas con sus compañeros. Esta dinámica fomentará un ambiente de intercambio y construcción conjunta de conocimientos, y al mismo tiempo planteará una serie de cuestionamientos en la mente de los estudiantes. Las preguntas serán de diversa índole, como: ¿qué conocimientos poseo acerca de este tema?, ¿por qué ocurrió esto?, y ¿qué conclusiones puedo extraer de esta situación? [7]. Esta etapa inicial de participación se caracteriza por el espíritu inquisitivo que despierta, permitiendo que los estudiantes generen un conjunto de preguntas que dirigirán su exploración y búsqueda de respuestas a lo largo del proceso de aprendizaje. Así, el docente no solo despierta el interés en los estudiantes, sino que también estimula el pensamiento crítico y la autorreflexión [12].
3. *Explore (Explorar)*: Al igual que en el modelo de las 5E, los estudiantes participan en actividades prácticas y experimentación para explorar el tema por sí mismos. El educador desempeñará un papel fundamental al fomentar la colaboración y cooperación entre los estudiantes. Empleará preguntas de sondeo estratégicas para guiar y redirigir las investigaciones de los alumnos. Al otorgarles el tiempo necesario para resolver los problemas planteados, el profesor permitirá que los estudiantes desarrollen habilidades de resolución de problemas y toma de decisiones. En síntesis, durante la fase de exploración, el docente asumirá un rol consultivo y establecerá un ambiente en el que los estudiantes sientan la necesidad de explorar, experimen-

tar y descubrir [7]. Por su parte, los estudiantes se involucrarán activamente en la prueba de sus predicciones. Basándose en la evidencia recopilada, formularán hipótesis y procederán a registrar e interpretar los datos que recojan. Esta etapa es propicia para fomentar la discusión entre pares, ya que los estudiantes compartirán y debatirán sus hallazgos con sus compañeros. La interacción grupal enriquece la exploración, ya que permite la exposición a diferentes perspectivas y la revisión conjunta de enfoques y resultados [7]. La fase de exploración, tanto para el educador como para los estudiantes, representa un proceso dinámico de descubrimiento y diálogo. El maestro, en su papel de facilitador y guía, insta a los alumnos a ser activos participantes en la construcción de su propio conocimiento. Por otro lado, los estudiantes asumen la responsabilidad de profundizar en la investigación y la experimentación, estimulados por la interacción con sus pares y su incesante curiosidad por explorar los matices del tema en cuestión.

4. *Explain (Explicar)*: Se proporciona información conceptual y se discuten los resultados de la exploración para construir una base sólida de conocimiento. El docente desempeñará un rol activo al alentar a los alumnos a expresar el concepto utilizando sus propias palabras. Promoverá un ambiente de intercambio en el que los estudiantes se sientan libres de solicitar aclaraciones y justificar sus puntos de vista. Posteriormente, el educador introducirá de manera formal las definiciones y los términos científicos pertinentes, consolidando así las bases conceptuales. Además, se dedicará a evaluar el crecimiento en la comprensión de los estudiantes, asegurándose de que el proceso de explicación y discusión haya contribuido a su aprendizaje progresivo [7]. En el contexto de esta fase, los estudiantes se esforzarán por internalizar sus propias explicaciones. Explorarán alternativas o soluciones potenciales y escucharán de manera crítica las explicaciones proporcionadas por sus compañeros de grupo. A medida que la discusión se intensifica, los estudiantes también pueden cuestionar las explicaciones presentadas por sus pares, en un ejercicio de pensamiento crítico y análisis reflexivo. Además, se les brindará la oportunidad de reflexionar sobre su propia comprensión, permitiéndoles

evaluar y consolidar su aprendizaje [7]. Esta etapa de explicación y elaboración actúa como un puente crucial entre la exploración inicial y la posterior aplicación del conocimiento. El maestro, en su papel de guía, asegura que los estudiantes no solo adquieran información, sino que también desarrollen la capacidad de comprender, comunicar y contextualizar conceptos complejos. Al mismo tiempo, los estudiantes se sumergen en un proceso activo de intercambio y cuestionamiento, lo que fomenta la reflexión y la construcción colaborativa del conocimiento.

5. *Elaborate (Elaborar)*: En esta etapa, los estudiantes profundizan en el tema a través de actividades más complejas, proyectos y aplicaciones prácticas. El educador desempeñará un papel orientador al estimular a los estudiantes a considerar una explicación alternativa del concepto en estudio. Proporcionará oportunidades adicionales para el refinamiento y perfección de las habilidades prácticas de los estudiantes, fomentando un enfoque activo en la construcción y aplicación del conocimiento. Para brindar una comprensión más profunda, el maestro puede presentar actividades similares que ilustren y amplíen la comprensión del concepto, ayudando a los estudiantes a internalizar y relacionar la información de manera más holística [7]. En esta fase, los estudiantes movilizarán sus conocimientos previos como herramientas para formular preguntas más profundas, tomar decisiones fundamentadas y proponer soluciones viables. Su proceso de razonamiento se verá guiado por la evidencia recopilada y su habilidad para establecer conexiones significativas entre los conceptos. Los estudiantes se esforzarán por extraer conclusiones lógicas y razonables, demostrando su capacidad para aplicar el pensamiento crítico y la resolución de problemas en el contexto de la materia estudiada [12]. Esta fase representa un paso esencial en la evolución de la comprensión y aplicación de los estudiantes, ya que les permite no solo consolidar los conceptos adquiridos, sino también desarrollar la capacidad de pensar de manera independiente y creativa. El maestro, a través de su orientación y las oportunidades presentadas, empodera a los estudiantes para que se conviertan en pensadores críticos y participantes activos en la construcción de su propio conocimiento.

6. *Evaluate (Evaluar)*: Los estudiantes demuestran su comprensión a través de evaluaciones y pruebas que miden su nivel de conocimiento y habilidades adquiridas. Durante esta etapa el profesor llevará a cabo una evaluación exhaustiva de la comprensión del concepto por parte del estudiante, empleando enfoques tanto formativos como sumativos. Una de las metas principales será observar cómo las habilidades de pensamiento de los estudiantes han evolucionado a lo largo del proceso. Para lograrlo, el docente puede recurrir a diferentes herramientas y métodos que permitan medir el nivel de comprensión alcanzado. Una estrategia clave empleada por el maestro es la formulación de preguntas abiertas que requieran una respuesta analítica y reflexiva. Estas preguntas permiten a los estudiantes demostrar su comprensión al interpretar y aplicar los conceptos en un contexto relevante. Además, el educador puede emplear herramientas visuales como mapas mentales, dibujos animados conceptuales o el enfoque KWL (lo que sé, lo que quiero saber y lo que he aprendido) para que los estudiantes completen y consoliden la información que han adquirido durante el proceso de aprendizaje [7]. Por su parte, los estudiantes se enfrentarán a las preguntas abiertas planteadas por el maestro, que les desafiarán a interpretar y analizar el contenido desde una perspectiva crítica. Además, podrán poner a prueba su habilidad para interpretar datos y evidencia, demostrando cómo han asimilado el concepto. Las herramientas como los mapas mentales y los cuadros KWL servirán como recursos visuales para organizar y sintetizar su comprensión. Algunos estudiantes también completarán informes resumidos que destacarán su habilidad para transmitir de manera efectiva el conocimiento adquirido [7]. En última instancia, esta fase de evaluación representa el punto culminante del proceso de aprendizaje, donde tanto el maestro como los estudiantes evalúan los resultados y las metas alcanzadas. Es un momento de reflexión que permite medir no solo la adquisición de conocimientos, sino también la capacidad de aplicarlos en contextos relevantes y la mejora general en las habilidades de pensamiento crítico y análisis [12].
7. *Extend (Extender)*: Esta etapa añadida se lleva a cabo después de las etapas de elaboración y evaluación. Aquí se busca conectar los nuevos

conocimientos con contextos más amplios y desafiantes, fomentando una aplicación más profunda y significativa. Es esencial para los educadores científicos asegurarse de que el proceso de aprendizaje no se limite únicamente a la etapa de elaboración y evaluación. Una vez que los estudiantes han adquirido una habilidad o concepto específico, es imperativo que puedan aplicarlo en un entorno novedoso o en situaciones desconocidas, garantizando así una comprensión profunda y la capacidad de transferir el conocimiento adquirido a contextos diversos [7]. En esta etapa, los estudiantes se sumergen en la práctica de la transferencia de aprendizaje, un paso crítico para consolidar su comprensión y habilidades. Esta fase involucra la aplicación deliberada de las habilidades y conceptos aprendidos en el aula a situaciones y problemas que pueden presentarse en contextos diferentes. En esencia, los estudiantes llevan a cabo la transferencia de conceptos, utilizando sus conocimientos adquiridos para abordar situaciones nuevas y desconocidas. Esta práctica tiene un efecto profundo en la retención a largo plazo, ya que, al aplicar el conocimiento en contextos diversos, los estudiantes internalizan de manera más sólida los conceptos y adquieren una comprensión más profunda y duradera [7]. La fase de extensión representa la culminación de la construcción del conocimiento y la capacidad de aplicarlo de manera autónoma y efectiva. Al permitir que los estudiantes practiquen la transferencia de aprendizaje, los educadores no solo les brindan la oportunidad de aplicar lo aprendido en el mundo real, sino que también fomentan la confianza en su propia capacidad para resolver problemas y tomar decisiones informadas en diversas circunstancias. De este modo, la fase de extensión no solo enriquece la experiencia de aprendizaje, sino que también promueve una comprensión profunda y duradera de los conceptos científicos [7].

El modelo de las 7E refleja la evolución de las teorías pedagógicas y la comprensión contemporánea de cómo se produce el aprendizaje significativo. Al proporcionar un enfoque más completo y detallado en la instrucción basada en la indagación, busca optimizar la comprensión, el compromiso y la aplicación de conceptos en los estudiantes.

Investigaciones contemporáneas en ciencia cognitiva han puesto de manifiesto la importancia crucial de elicitar los conocimientos previos de los estudiantes como componente esencial del proceso de aprendizaje. Si bien la fase de enganchar en el modelo de las 5E está diseñada para captar la atención, Eisenkraft [5] resalta que esta etapa incluye la interacción de dos aspectos: el acceso al conocimiento previo y la generación de entusiasmo por el contenido. Sin embargo, a menudo los educadores se centran en la motivación, pasando por alto la necesidad de explorar las concepciones previas de los estudiantes sobre el tema en cuestión.

La fase de explorar en el ciclo de aprendizaje provee una plataforma para que los estudiantes no solo observen y recojan datos, sino también para que aíslen variables, diseñen experimentos, creen gráficos, interpreten resultados, formulen hipótesis y organicen sus hallazgos. Los docentes desempeñan un papel esencial formulando preguntas desafiantes, sugiriendo investigaciones adicionales, ofreciendo retroalimentación y evaluando la comprensión.

La etapa de elaboración en el ciclo de aprendizaje brinda a los estudiantes la oportunidad de aplicar sus conocimientos en contextos nuevos y diversificados, a menudo abriendo la puerta a la formulación de nuevas preguntas e hipótesis. Esta fase es fundamental para la transferencia del aprendizaje, ya que los estudiantes pueden aplicar conceptos a situaciones distintas, demostrando la profundidad de su comprensión.

La adición de la fase de extender a la etapa de elaboración sirve como un recordatorio a los educadores sobre la importancia de impulsar la transferencia del aprendizaje. Garantizar que los conocimientos se apliquen en contextos novedosos y que no se limiten a meras elaboraciones es esencial para un aprendizaje significativo.

La fase de evaluación en el ciclo de aprendizaje mantiene su enfoque en la evaluación formativa y sumativa. Eisenkraft [5] destaca que la evaluación formativa no debe restringirse a una sola etapa del ciclo, sino que debe estar integrada en todas las interacciones con los estudiantes.

La adopción del modelo de las 7E se presenta como un modo efectivo de garantizar que la obtención de conocimientos previos y las oportunidades de transferencia del aprendizaje no sean pasadas por alto. La estructura ampliada permite a los educadores elicitar y enganchar, mientras que los estudiantes tienen espacio para elaborar y extender su comprensión.

El valor intrínseco del modelo de las 7E radica en su capacidad para enfatizar dos elementos cruciales: la obtención de conocimientos previos y la transferibilidad del aprendizaje. Este enfoque tiene implicaciones fundamentales en la educación científica, ya que reconoce la importancia de que los estudiantes posean comprensión previa y puedan aplicar conceptos en diversos contextos. En última instancia, el modelo de ciclo de aprendizaje de las 7E establece un marco integrado y dinámico en el cual los estudiantes participan en un proceso interconectado de exploración, construcción y aplicación de conocimientos científicos [7].

De acuerdo con las investigaciones de [6], el modelo de ciclo de aprendizaje de las 7E presenta una serie de ventajas significativas tanto para los educadores como para los estudiantes:

1. Fomenta una comprensión más profunda de los conceptos estudiados.
2. Optimiza la eficiencia del proceso de aprendizaje.
3. Facilita la transferencia de conocimientos a nuevas situaciones.
4. Estimula la motivación intrínseca para el aprendizaje.
5. Cultiva la confianza y la autoestima de los estudiantes.
6. Desarrolla habilidades de pensamiento crítico y analítico.
7. Promueve habilidades de comunicación y colaboración.
8. Establece una base sólida para el diseño de materiales didácticos efectivos.

La adopción de instrucción basada en el modelo de las 7E ha demostrado ser especialmente beneficioso en las aulas, según lo señalado por varios estudios de investigación. Los estudiantes que han experimentado este enfoque han logrado una comprensión más sólida de los conceptos estudiados. La eficacia del modelo se refleja en una mejora en el rendimiento académico, así como en la retención de los conocimientos adquiridos. Además, el modelo 7E también ha demostrado ser efectivo en la mejora de habilidades específicas, como el proceso científico, el pensamiento crítico y analítico, y las habilidades cognitivas en general. Un aspecto importante es que este enfoque hace que el proceso de aprendizaje sea agradable, lo que contribuye a un mayor compromiso y motivación por parte de los estudiantes. De manera reveladora, los estudios también han establecido que la instrucción

basada en el modelo 7E supera con creces los métodos tradicionales de enseñanza en términos de eficacia y resultados [6].

Las investigaciones de Shaista y Rekha [6] destacan las limitaciones inherentes a este modelo. Por ejemplo, la fase de elicitar desempeña un papel crucial al activar el conocimiento previo de los estudiantes para su desarrollo productivo. Sin embargo, resulta poco práctico para un maestro personalizar el plan de estudios según el conocimiento previo de cada estudiante, especialmente dentro del limitado tiempo disponible en un aula promedio. Además, los estudiantes requieren tiempo suficiente para completar tareas, participar en discusiones grupales y profundizar su comprensión de los conceptos. En la práctica, se enfrenta a dificultades excepcionales en un currículo estructurado y exigente que impone restricciones temporales para completar el programa. Con frecuencia, los profesores carecen del tiempo necesario para organizar y planificar lecciones basadas en este enfoque instructivo. Además, la creación de un entorno activo y atractivo para los estudiantes se vuelve problemática y desafiante si el maestro no está debidamente capacitado para implementar la metodología constructivista.

Al culminar la exploración del modelo de las 7E como un marco efectivo para el diseño de secuencias didácticas en la enseñanza de la física, queda claro el potencial de esta metodología para promover un aprendizaje profundo y significativo. Para ilustrar la aplicación práctica de este modelo, en la siguiente sección presentaremos un ejemplo de diseño de una secuencia didáctica centrada en el concepto de degradación de la energía. Acompañado de una sugerencia de instrumentos de evaluación, este ejemplo servirá como guía para comprender cómo implementar el modelo de las 7E en el contexto educativo, destacando su capacidad para enriquecer la comprensión conceptual y el compromiso de los estudiantes con el aprendizaje.

Ejemplo de diseño de algunas secuencias didácticas con base en el modelo de las 7E

Esta sección detalla el diseño de dos secuencias didácticas enfocadas en el concepto de *energía*, abordando específicamente la transferencia y trans-

formación de esta. Las secuencias didácticas presentadas a continuación han sido diseñadas siguiendo el modelo de las 7E (elicitar, enganchar, explorar, explicar, elaborar, evaluar y extender), con el objetivo de fomentar un aprendizaje profundo y significativo del concepto de *energía* en estudiantes de bachillerato. Cada etapa del modelo se enfoca en involucrar activamente a los estudiantes en el proceso de aprendizaje, permitiéndoles explorar conceptos, formular explicaciones y aplicar lo aprendido en nuevos contextos. Las actividades propuestas abarcan experimentos prácticos, discusiones en grupo y el uso de herramientas digitales, con el fin de promover una comprensión integral del tema, que incluye la transferencia, transformación, conservación y degradación de la energía.

Secuencia didáctica basada en el modelo 7E para la transferencia de la energía

La transferencia de energía es un concepto fundamental en la física y otras disciplinas científicas, que describe cómo la energía se mueve de un lugar a otro o cambia de una forma a otra. Comprender este proceso es crucial para entender una amplia gama de fenómenos naturales y aplicaciones tecnológicas. Por lo tanto, diseñar una secuencia didáctica centrada en la transferencia de energía es esencial para facilitar el aprendizaje de los estudiantes.

La secuencia didáctica propuesta para abordar el concepto de transferencia de energía sigue el modelo de las 7E, lo que garantiza una enseñanza completa y significativa para los estudiantes. Iniciamos con la etapa de elicitar, donde se busca reconocer los conocimientos previos y las ideas preconcebidas de los estudiantes respecto al tema. Luego, en la etapa de enganchar, se captura la atención y se despierta el interés de los estudiantes mediante la presentación de imágenes ilustrativas y preguntas provocativas. En la etapa de explorar, se les brinda a los estudiantes la oportunidad de abordar situaciones relacionadas con la transferencia de energía utilizando sus conocimientos previos, lo que les permite identificar posibles concepciones erróneas. A continuación, en la etapa de explicar, los estudiantes exponen sus concepciones sobre el concepto de transferencia de energía, y

el docente interviene para ofrecer una explicación detallada y corregir posibles malentendidos. En la etapa de elaborar, los estudiantes aplican sus conocimientos creando un video que ejemplifica la transferencia de energía en situaciones de su entorno, promoviendo así la aplicación práctica de lo aprendido. Finalmente, en la etapa de evaluar, se administra un quiz para evaluar el nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes y proporcionar retroalimentación para fortalecer su aprendizaje. Esta secuencia didáctica proporciona un enfoque integral y sistemático para abordar el concepto de *transferencia de energía*, asegurando un aprendizaje efectivo y significativo para los estudiantes.

Secuencia didáctica para la transferencia de la energía

Curso: Bachillerato **Tema:** Transferencia de energía **Fecha:** Por definir

Descripción de la lección: Los estudiantes deberán identificar el proceso de transferencia del concepto de energía.

Aprendizajes esperados: Interpreta cómo la energía almacenada en un cuerpo puede convertirse en diferentes formas en función de su posición, masa y velocidad.

Información general

Material necesario: Internet

Estrategia didáctica-modelo de las 7E

Elicitar (Duración 10 min)

Objetivo: Esta actividad tiene como finalidad reconocer los conocimientos previos y las ideas preconcebidas de los estudiantes en relación con el concepto de transferencia de energía.

Actividad: El docente presenta una serie de preguntas a los estudiantes y les solicita que respondan de manera individual utilizando sus propias palabras.

¿La energía puede transferirse de un objeto a otro?

¿De qué formas puede ocurrir esta transferencia de energía? Proporcione ejemplos.

Enganchar (Duración 20 min)

Objetivo: Esta actividad tiene como propósito captar la atención, despertar el interés y estimular la curiosidad de los estudiantes en relación con la transferencia de energía.

Actividad: Se muestra a los estudiantes un conjunto de imágenes ilustrativas (Figura 1), seguido por las siguientes preguntas:

Elige las imágenes que creas que representan una transferencia de energía.

Basándote en las imágenes seleccionadas, ¿cuáles son las características que comparten?

Figura 7.1. Conjunto de imágenes que se presentan a los alumnos en enganchar en la secuencia de transferencia de energía



Fuente: elaboración propia.

Explorar (Duración 30 min)

Objetivo: Esta actividad tiene como propósito ofrecer a los estudiantes la oportunidad de abordar una situación o problemática relacionada con la transferencia de energía utilizando sus conocimientos previos. Además, les permite identificar posibles preconcepciones erróneas que puedan tener en esta etapa.

Actividad: Se presentan dos videos para observar fenómenos específicos, seguidos de una serie de preguntas para que los estudiantes respondan.

Para el video 1 (https://drive.google.com/file/d/1nm07To7BKAHgsPdJlv5L87QxjJ5_fOsD):

1. ¿La pelota tiene energía?
2. ¿Por qué crees que la pelota tiene energía o por qué crees que la pelota no tiene energía?
3. ¿Por qué la pelota se detiene?
4. ¿Qué pasa con la energía?
5. ¿La energía se transfiere en este ejemplo de la pelota rodando? Justifique su respuesta.
6. ¿Se necesita trabajo para detener la pelota?
7. ¿Quién o qué está haciendo este trabajo?
8. ¿Cómo defines el trabajo?

Para el video 2 (<https://drive.google.com/file/d/1kmRR6XL5cZnjQEGp3NZ8cv7-eYxHLpxO>):

1. ¿Los recipientes tienen energía?
2. ¿Por qué piensas que tienen energía o por qué piensas que no tienen energía?
3. ¿Qué recipiente tiene mayor energía?
4. ¿Por qué después de unos minutos ambos recipientes tienen la misma temperatura?
5. ¿Qué pasa con la energía?
6. ¿La energía se transfiere en este ejemplo? Justifique su respuesta.
7. ¿Qué pasa con el calor?
8. ¿Cómo defines el calor?

Explicar (Duración 30 min)

Objetivo: El propósito de esta actividad es que los estudiantes revisen las observaciones realizadas en la etapa anterior (Explorar) y proporcionen una explicación sobre la transferencia de energía utilizando sus propias palabras. En esta fase, el docente interviene para retomar los conceptos de los estudiantes y complementarlos o ajustarlos, con el fin de ofrecer una explicación adecuada y formal sobre la transferencia de energía.

Actividad: Los estudiantes exponen sus concepciones sobre el concepto de transferencia de energía para fomentar la interacción y retroalimentación entre ellos. Posteriormente, el docente interviene para ofrecer una explicación detallada sobre el proceso de transferencia de energía.

Elaborar (Duración 30 min)

Objetivo: Esta actividad tiene como objetivo proporcionar a los estudiantes la oportunidad de aplicar sus conocimientos adquiridos sobre el concepto correcto de transferencia de energía.

Actividad: Se invita a los estudiantes a crear un video de entre 10 y 15 minutos en el cual ejemplifiquen la transferencia de energía utilizando situaciones de su entorno. Posteriormente, los estudiantes compartirán sus videos en un foro virtual donde tendrán la oportunidad de recibir comentarios y retroalimentación por parte de sus compañeros de clase.

Evaluar (Duración 20 min)

Objetivo: Esta actividad busca evaluar el nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes en relación con el concepto de transferencia de energía, identificar posibles áreas de mejora y ofrecer retroalimentación para fortalecer el aprendizaje.

Actividad: Se administra un quiz para evaluar el aprendizaje alcanzado por los estudiantes, con el propósito de determinar si se ha logrado una comprensión significativa y si ha habido un cambio conceptual en relación con sus ideas previas sobre la transferencia de energía.

Extender (Duración 30 min)

Objetivo: Esta actividad busca que los estudiantes identifiquen situaciones o problemáticas en su entorno donde puedan aplicar los conceptos aprendidos sobre transferencia de energía para explicarlas o resolverlas.

Actividad: Los estudiantes deben observar su entorno e identificar situaciones que ejemplifiquen la transferencia de energía. Luego, deben proponer cómo minimizar esta transferencia, incluso desarrollando prototipos si es aplicable.

Secuencia didáctica basada en el modelo 7E para la transformación de la energía

La energía y su conversión son conceptos clave en el estudio de la física, con implicaciones en numerosos campos de la ciencia y la tecnología. Por lo tanto, estructurar una secuencia didáctica coherente permite a los estudiantes no solo comprender los principios teóricos detrás de la transformación de la energía, sino también aplicar estos conocimientos en situaciones prácticas. Una secuencia bien planificada, como la propuesta bajo el modelo de las 7E, guía a los estudiantes a través de diversas etapas, desde la exploración inicial hasta la aplicación y evaluación de su comprensión.

La secuencia didáctica sobre transformación de energía sigue el modelo de las 7E, proporcionando a los estudiantes no solo la adquisición de

conocimientos teóricos sobre la transformación de energía, sino que también tienen la oportunidad de aplicar estos conocimientos en situaciones concretas. La fase de “elicitación” permite al docente identificar los conocimientos previos y preconcepciones de los estudiantes, sentando las bases para el aprendizaje posterior. A través de preguntas reflexivas, se invita a los estudiantes a reflexionar sobre la transformación de energía desde su propia perspectiva. La etapa de “enganchar” busca captar la atención de los estudiantes mediante una actividad práctica e ilustrativa, como el análisis de un video. Esta actividad no solo despierta el interés de los estudiantes, sino que también les permite aplicar sus conocimientos previos en un contexto específico. En la fase de “explorar”, los estudiantes tienen la oportunidad de profundizar su comprensión mediante la observación de fenómenos reales y la formulación de preguntas. La inclusión de videos y gráficos proporciona una experiencia visual que facilita la comprensión de los conceptos abstractos. La etapa de “explicar” fomenta la interacción entre los estudiantes y el docente, permitiendo la articulación de conceptos y la clarificación de dudas. A través de una explicación detallada, los estudiantes consolidan su comprensión de la transformación de energía y se les proporciona una base sólida para aplicar estos conocimientos en situaciones prácticas. En la fase de “elaborar”, los estudiantes tienen la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos mediante la resolución de ejercicios prácticos. Esta actividad promueve el pensamiento crítico y la aplicación práctica de los conceptos teóricos. Finalmente, la fase de “evaluar” permite al docente identificar el nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes y proporcionar retroalimentación para fortalecer el aprendizaje. A través de un quiz se evalúa el aprendizaje significativo y el cambio conceptual respecto a la transformación de energía.

Secuencia didáctica para la transformación de la energía

Curso: Bachillerato **Tema:** Transformación de la Energía **Fecha:** Por definir

Descripción de la lección: Los estudiantes se enfrentarán al desafío de reconocer y comprender el proceso de transformación del concepto de energía.

Aprendizajes esperados: Interpreta cómo la energía almacenada en un cuerpo puede convertirse en diferentes formas en función de su posición, masa y velocidad.

Información general

Material necesario: Internet y acceso a simulaciones PhET

Estrategia didáctica-modelo de las 7E

Elicitar (Duración 10 min)

Objetivo: Esta actividad busca identificar los conocimientos previos y las ideas preconcebidas de los estudiantes en relación con la transformación de energía.

Actividad: El docente planteará las siguientes preguntas a los estudiantes y les solicitará que respondan de forma individual utilizando sus propias palabras:

¿Es posible la transformación de la energía? Argumenta.

¿Cuáles son los métodos de transformación de la energía?

¿Puedes enumerar y describir los tipos de energía conocidos?

Enganchar (Duración 20 min)

Objetivo: Esta actividad busca captar la atención, despertar el interés y estimular la curiosidad de los estudiantes en relación con la transformación de energía.

Actividad: Se presenta a los estudiantes un video (<https://drive.google.com/file/d/1DVcmhP3drFdbVBLbFyGorkU4MYz9G0t>) que muestra a un patinador deslizándose hacia arriba y hacia abajo en una pista. Se especifica que en esta observación se debe considerar la ausencia de fricción entre la patineta y la pista. Luego, se les solicita que respondan a una serie de preguntas planteadas:

1. Comenta si hay alguna energía presente.
2. ¿Dónde y cómo se manifiesta la energía?
3. Si la energía se transforma, ¿en qué tipos de energía?
4. ¿Qué tipos de energía están presentes?

Explorar (Duración 30 min)

Objetivo: Esta actividad busca ofrecer a los estudiantes la oportunidad de resolver una situación o problemática relacionada con la transformación de energía utilizando sus conocimientos previos. Además, les permite identificar posibles preconcepciones erróneas que puedan tener en esta etapa.

Actividad: Se presenta un video (https://drive.google.com/file/d/14s0VcdXX28bzciWzBM_uOp9iyvalg) que muestra al mismo patinador subiendo y bajando por la pista, pero esta vez se acompaña con una gráfica que representa la energía cinética y potencial del patinador. Los estudiantes observan cómo la cantidad de energía cambia según la posición y velocidad del patinador, y luego se les plantea una serie de preguntas para que respondan:

1. ¿Cuál es la velocidad en la parte más alta?
 2. ¿Cuál es la velocidad en la parte más baja?
 3. ¿Qué es la energía potencial?
 4. ¿Qué es la energía cinética?
 5. ¿En qué momento está presente la energía potencial?
 6. ¿En qué momento la energía potencial alcanza su valor máximo?
 7. ¿En qué momento está presente la energía cinética?
 8. ¿En qué momento la energía cinética alcanza su valor máximo?
 9. ¿Existe una transformación de energía? Justifica tu respuesta.
-

Explicar (Duración 30 min)

Objetivo: Esta actividad busca que los estudiantes reflexionen sobre sus observaciones previas durante la etapa de exploración y articulen con sus propias palabras el concepto de transformación de energía. En este proceso, el docente interviene para revisar y enriquecer las ideas de los estudiantes, asegurando una comprensión precisa y formal de la transformación de energía.

Actividad: Los estudiantes son invitados a compartir sus ideas sobre la transformación de energía, promoviendo así la interacción y retroalimentación entre ellos. Posteriormente, el docente interviene para ofrecer una explicación detallada sobre el proceso de transformación de energía, utilizando incluso fórmulas para enriquecer la comprensión de los estudiantes.

Elaborar (Duración 30 min)

Objetivo: Esta actividad tiene como propósito proporcionar a los estudiantes la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos sobre el concepto correcto de transformación de energía.

Actividad: Se presentan una serie de ejercicios simples para que los estudiantes los resuelvan con base en la figura 2.

Ejercicios:

De acuerdo con la imagen proporcionada, ¿en qué punto se observa un mayor nivel de energía potencial?

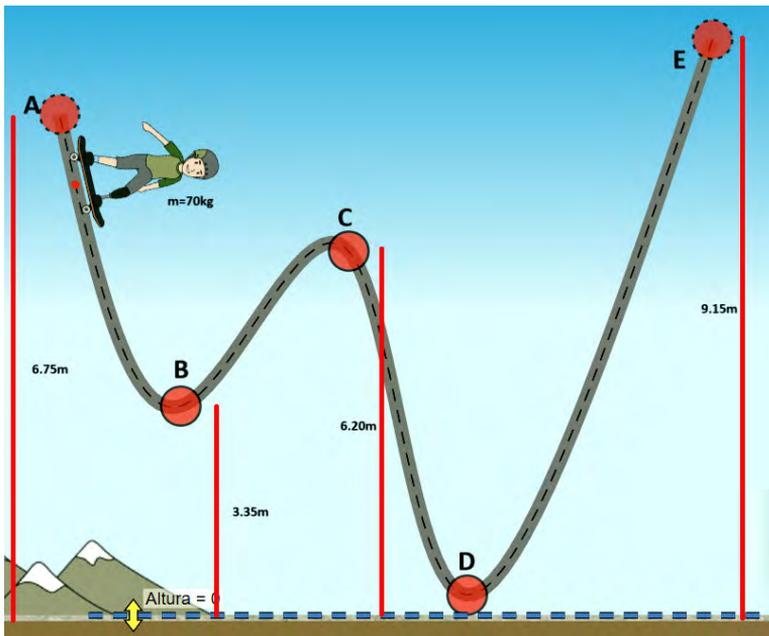
¿Podrías explicar las razones detrás de esta observación para respaldar tu respuesta?

¿En qué punto crees que la energía cinética alcanza su máximo nivel? ¿Podrías explicar por qué seleccionaste ese punto y proporcionar justificaciones para respaldar tu elección?

¿Cuál es el valor de la energía potencial en los puntos A, B, C, D y E de acuerdo con la imagen proporcionada?

¿Cuál es el valor de la energía cinética en los puntos D y E?

Figura 7.2. Se muestra la imagen para los ejercicios de elaborar en la secuencia de transformación de energía



Fuente: adaptación de https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_all.html.

Evaluar (Duración 30 min)

Objetivo: Con esta actividad se pretende identificar el nivel de aprendizaje del concepto de transformación de energía, identificar las áreas de mejora y proporcionar retroalimentación.

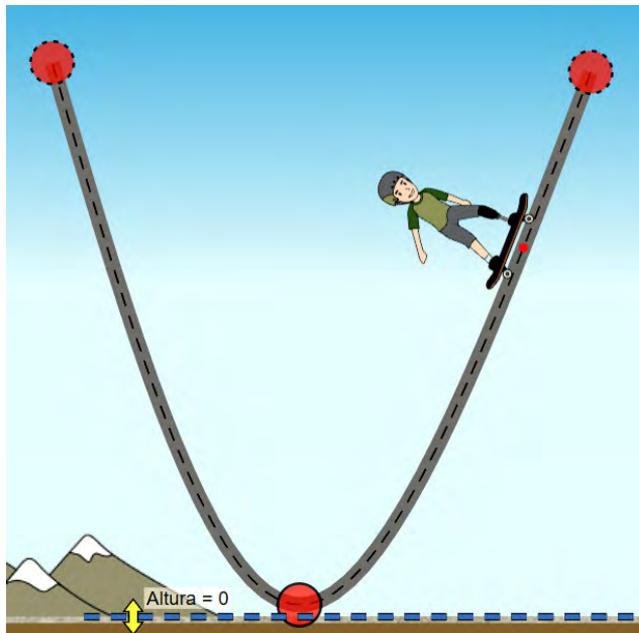
Actividad: Se aplica un quiz para identificar el aprendizaje adquirido por los estudiantes. El objetivo es determinar si se generó un aprendizaje significativo y si se generó un cambio conceptual respecto a sus ideas sobre la transformación de energía.

Quiz Transformación de Energía

¿Cómo definirías la transformación de energía?

¿Podrías explicar la diferencia entre la energía cinética y la energía potencial, y cómo se relacionan en el ejemplo proporcionado en la figura 3?

Figura 7.3. Se muestra la imagen para el quiz de evaluar en la secuencia de transformación de energía



Fuente: adaptación de https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_all.html.

Extender (Duración 30 min)

Objetivo: Esta actividad tiene como propósito que los estudiantes identifiquen una situación o problemática en su entorno y la expliquen o resuelvan aplicando los conceptos aprendidos sobre la transformación de energía.

Actividad: Se les pide a los estudiantes que observen su entorno y que identifiquen una situación que ejemplifique la transformación de energía. Posteriormente, deben grabar un video de entre 2 y 5 minutos explicando su análisis.

En resumen, las secuencias didácticas sobre transferencia y transformación de energía, basadas en el modelo de las 7E, ofrecen un enfoque efectivo para promover la comprensión profunda de estos conceptos científicos. Estas secuencias guían a los estudiantes desde la exploración inicial hasta la aplicación práctica, demostrando cómo el modelo facilita el aprendizaje activo y la comprensión significativa. En un futuro inmediato, se estarán implementando estas secuencias en un grupo para validar su efectividad y continuar refinando las estrategias de enseñanza.

Conclusiones

El modelo de ciclo de aprendizaje 7E emerge como una valiosa propuesta pedagógica en el ámbito del plan de estudios científicos. A la luz de nuestras discusiones y la evidencia respaldada por investigaciones como la de Balta y Sarac [13], es imperativo fomentar y promover la integración de este modelo en la enseñanza actual.

La transición del modelo 5E al modelo 7E representa un avance significativo en la enseñanza de la física, específicamente en la comprensión conceptual y el compromiso de los estudiantes. Al integrar dos etapas adicionales, “elicitación” y “extender”, el modelo 7E proporciona un enfoque más completo y centrado en el estudiante. Esta transición tiene un impacto positivo en la comprensión conceptual y el compromiso de los estudiantes, ya que les brinda oportunidades adicionales para conectar con el contenido, explorar sus propias ideas y participar activamente en su aprendizaje.

La abundante evidencia acumulada demuestra que el enfoque 7E tiene un impacto significativo en la mejora del aprendizaje de los estudiantes en el campo de la ciencia. Esto crea una base sólida y convincente para su aplicación en la enseñanza de conceptos científicos, como el tema crucial de la energía en el contexto de la asignatura de Física.

En este sentido, se hace necesario no solo considerar, sino también alentar a los instructores y profesores a adoptar el modelo de ciclo de aprendizaje 7E en sus metodologías educativas. Su enfoque integrado, que abarca desde la captación inicial de conceptos hasta la aplicación práctica y la transferencia del conocimiento, promete no solo un aprendizaje más profundo

y duradero, sino también la adquisición de habilidades cognitivas y prácticas cruciales para los estudiantes.

La solidez y los resultados positivos del modelo 7E orientan hacia la implementación de este enfoque innovador en la enseñanza de la ciencia, específicamente para comprender y explorar el concepto de *energía* en el ámbito de la física. Su adopción representa una contribución significativa para mejorar la calidad de la educación científica y el compromiso de los estudiantes en este campo fundamental. Cabe destacar que, como parte de la secuencia propuesta, se llevará a cabo una investigación que incluirá la aplicación de un cuestionario conceptual, análisis de datos y la implementación de una secuencia didáctica basada en el modelo 7E para evaluar su efectividad y beneficios concretos en el aprendizaje de los estudiantes.

Agradecimientos

PLR agradece la beca de doctorado Conahcyt. RG-s agradece el apoyo proporcionado por los proyectos SIP20230505-IPN y Fordecyt-Pronaces-Conacyt CF-MG-2558591, así como las becas COFAA-IPN y EDI-IPN.

Referencias

- [1] Padilla, K., y Reyes-Cárdenas, F. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*, 23(4), 415-421. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30129-5](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30129-5).
- [2] Linares, G. L. D. (2023). Aprendizaje basado en indagación (ABI): Una estrategia para mejorar la enseñanza-aprendizaje de la química. *Ciencia Latina: Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 27-41.
- [3] Zarate-Moedano, R., Suárez-Medellín, J. M., y Pérez-Hernández, R. L. (2023). Modelo 5e para la enseñanza de la termodinámica: Diseño y evaluación de secuencias de enseñanza-aprendizaje. *Uniciencia*, 37(1), 402-420.
- [4] Bybee, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Science Teaching. En *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 1-14). Springer.
- [5] Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5e Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56.
- [6] Shaista, R., y Rekha, C. (2022). 7e model: An Effective Instructional Approach for Tea

- Ching Learning. *International Journal of Multidisciplinary Research*, 8(1). <https://doi.org/10.36713/epra9431>.
- [7] Sharma, S., y Sankhian, A. (2018). 7e Learning Cycle Model: A Paradigm Shift in Instructional Approach. *Shanlax International Journal of Education*, 6(2), 13-22.
- [8] Mecit, O. (2006). *The Effect of 7e Learning Cycle Model on the Improvement of Fifth Grade Students' Critical Thinking Skills* [Tesis doctoral]. Middle East Technical University. <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12607661/index.pdf>.
- [9] Demircioglu, G., Ozmen, H., y Demircioglu, H. (2004). Developing Activities Based on the Constructivist View of Learning and Investigating their Effectiveness. *Journal of Turkish Science Education*, 1(1), 21.
- [10] Edmund, A. M. (2008). Why the Learning Cycle. *Journal of Elementary Science Education*, 20(3), 63-69.
- [11] Karplus, R., y Thier, H. D. (1967). *A New Look at Elementary School Science*. Rand McNally.
- [12] Ilhami, R., y Laksono, E. W. (2022). 7e Learning Cycle Model Implementation: Students' Activities and Critical Thinking Skills towards Online Learning. *Universal Journal of Educational Research*, 10(5), 311-317.
- [13] Balta, N., y Sarac, H. (2016). The Effect of 7e Learning Cycle on Learning in Science Teaching: A Meta-Analysis Study. *European Journal of Educational Research*, 5(2), 61-72.

SEGUNDA PARTE

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
Y LA COMUNICACIÓN EN LA ENSEÑANZA
DE LAS CIENCIAS

8. El juego serio y el aprendizaje significativo por proposiciones de las fuerzas de rozamiento en reconstrucción de accidentes

ANAHI ALCÁZAR GUZMÁN*
JESÚS ALBERTO FLORES CRUZ**

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.08>

Resumen

En este artículo se presentan las etapas iniciales de una investigación cuyo objetivo principal es el uso de juego serio en la enseñanza de la física, con la finalidad de aportar a la comunidad docente elementos para implementación en contextos educativos reales. La investigación principal se centra en cómo el juego serio puede favorecer la formación de los estudiantes del programa educativo de Criminalística y Ciencias Periciales del departamento de ciencias y humanidades de la Universidad Autónoma de Occidente, unidad regional Los Mochis (Sinaloa), no solo en términos de los conocimientos adquiridos y las habilidades desarrolladas, sino también en la capacidad de aplicar lo aprendido en situaciones prácticas durante su formación profesional. Con el uso de esta tecnología se busca responder a la pregunta de investigación sobre evaluación del impacto de la implementación del juego serio, complementado con el enfoque de aprendizaje por proposiciones, en la modificación de las percepciones de los estudiantes sobre las fuerzas de rozamiento en la reconstrucción de accidentes, particularmente en el ámbito de la física aplicada a la criminalística.

* Maestra en Docencia y doctoranda en Física Educativa. Profesora del Departamento Académico de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Occidente (UAdeO), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8008-4579>

** Doctor en Ingeniería de Sistemas. Profesor en el Posgrado en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7816-4134>

Palabras clave: *juego serio, aprendizaje significativo, reconstrucción de accidentes, enseñanza de la física.*

Introducción

En el ámbito educativo existe una búsqueda constante de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, especialmente en áreas complejas como la física y la matemática, las cuales a menudo se perciben como desafiantes para los estudiantes. Una de las dificultades radica en hacer que los conceptos abstractos y teóricos se comprendan y apliquen de manera significativa a situaciones concretas. D. P. Ausubel [1] argumenta que el aprendizaje es más eficaz cuando los nuevos conocimientos se vinculan de manera relevante con los conocimientos previos del estudiante. Los juegos serios emergen como una estrategia innovadora en este contexto, ofreciendo un entorno ideal para el aprendizaje significativo. Estos juegos presentan situaciones y desafíos vinculables con experiencias previas, permitiendo una integración más profunda y duradera de la información, esto de acuerdo con la revisión sistemática encontrada que centra la combinación de elementos de entretenimiento con objetivos educativos, lo que facilita un aprendizaje más efectivo y atractivo [2, 3].

El objetivo de esta investigación es responder a la pregunta de investigación de en qué medida la implementación de un juego serio, junto con el enfoque de aprendizaje por proposiciones, impacta en el cambio de percepciones de las fuerzas de rozamiento en la reconstrucción de accidentes, específicamente en el contexto de la física aplicada a la criminalística. Esto contribuirá a la línea de investigación en tecnologías de la información y comunicación en la enseñanza de las ciencias.

Estado del conocimiento del juego serio en la enseñanza de la física

Dentro de este apartado se han hecho estudios recientes de la exploración bibliográfica para sintetizar y comparar el conocimiento científico, en este

caso sobre el juego serio en la enseñanza de la física y el aprendizaje por proposiciones, así como empatar las contribuciones que permitan contextualizar, clasificar y categorizar los saberes de dicha temática, como contribución analítica. Con lo anterior el término “juego serio” se emplea con mayor frecuencia en la expresión del término “aprendizaje basado en juegos”. El quehacer evidente de los juegos serios es apoyar al estudiante a obtener nuevos conocimientos y habilidades, practicar los conocimientos y habilidades existentes, desarrollar aprendizaje e innovación y prepararse para el aprendizaje expectante, según se afirma en Jaiswal [4].

Una de las investigaciones que antecede el estudio es “Immersive serious games for learning physics concepts: The case of density” de Zhurakovskaia *et al.* [5], que muestran en sus resultados un aumento en la eficiencia del aprendizaje usando juegos inmersivos, además, la mayoría de los estudiantes pudo ver las deficiencias de sus teorías iniciales y posteriormente revisarlas, lo que significa que mejoraron su comprensión de este tema. También mencionaron que, para formar a los estudiantes en conceptos básicos de la física, como los relacionados con la masa, el volumen o la densidad, es mucho más complicado que simplemente establecer las definiciones y leyes subyacentes. Una de las razones de esto es que la mayoría de los estudiantes tienen espejismos y conceptos erróneos profundamente afincados sobre el comportamiento de los objetos.

En cuanto a los estudios de Mayer *et al.* [6] refiere que la motivación y las actitudes hacia el aprendizaje basado en juegos antes del juego, su disfrute real, sus esfuerzos durante el juego y la calidad del facilitador/docente están más fuertemente correlacionados con su satisfacción con el aprendizaje. El grado en que las experiencias durante el juego se tradujeron de nuevo en las teorías subyacentes determina significativamente la satisfacción de aprendizaje de los estudiantes, agregando que la calidad del entorno del juego virtual no importaba tanto. Los autores reflexionan sobre la metodología general utilizada y ofrecen sugerencias para futuras investigaciones y desarrollos. Esta evidencia, junto con un beneplácito generacional de los juegos como una parte significativa habitual, ha generado un amplio interés en cómo los juegos, en específico los juegos digitales inmersivos, pueden aplicarse de manera efectiva en el aprendizaje constructivo y contextos de formación.

Otro estudio relacionado con la línea de investigación es el de Plass *et al.* [7] denominado “Fundamentos teóricos del aprendizaje basado en juegos y lúdicos: Manual de aprendizaje basado en juegos”. Según los resultados de la evaluación realizada en su investigación, consideran que es necesario tener una perspectiva integrada que combine los puntos de vista cognitivos, motivacionales, afectivos y socioculturales para el diseño y la investigación de juegos. Esta perspectiva global, llamada “perspectiva de las ciencias del aprendizaje”, permite aprovechar al máximo el potencial de los juegos en la educación y en el diseño de juegos de aprendizaje más efectivos. Además, se propone incorporar principios de aprendizaje lúdico en el diseño de los juegos, en lugar de añadirlos como un complemento después. Esto permitiría medir el aprendizaje dentro de los juegos y desarrollar juegos con el impacto deseado.

Por otro lado, Schrader [8] en este capítulo de libro ofrece un resumen de la teoría y la investigación empírica relacionadas con la aplicación de juegos serios y el aprendizaje basado en juegos en entornos educativos. Se analizan las características clave y los principios teóricos que respaldan el valor de los juegos. Los estudios revisados demuestran un impacto significativo de los juegos serios y el aprendizaje basado en juegos en la motivación, las emociones y el rendimiento cognitivo de los estudiantes. No obstante, su influencia no es siempre directa, ya que depende de diversos factores, como el tipo de juego, el diseño, las particularidades del alumno y las actividades de aprendizaje. Este capítulo sugiere que los creadores y educadores deben tener en cuenta estas interacciones para asegurar el aprendizaje óptimo al desarrollar o seleccionar juegos serios o enfoques de aprendizaje basados en juegos con fines educativos.

Considerando los estudios relacionados con la enseñanza de la física, más en lo particular con el tema de estudio se consideró a Aguilar *et al.* [9] con su estudio “Construcción de un *serious game* como apoyo al aprendizaje de la cinemática”, donde se expone la experiencia adquirida durante la creación de un prototipo de juego educativo, con la finalidad de respaldar la enseñanza de los cursos de física en la educación secundaria e incorporar aspectos lúdicos en el proceso de aprendizaje. Asimismo, este juego tiene como objetivo servir como modelo para el desarrollo de juegos educativos en diversos ámbitos de aplicación. Esta iniciativa académica surgió

a raíz de las dificultades que enfrentaban los estudiantes de secundaria al comprender los conceptos de física cinemática. Esto permitió identificar áreas de mejora en aspectos como la visibilidad del sistema, la consistencia y el cumplimiento de estándares, así como la necesidad de una mejor asistencia y documentación. Estas cuestiones refirieron deberán abordarse en versiones futuras del juego educativo.

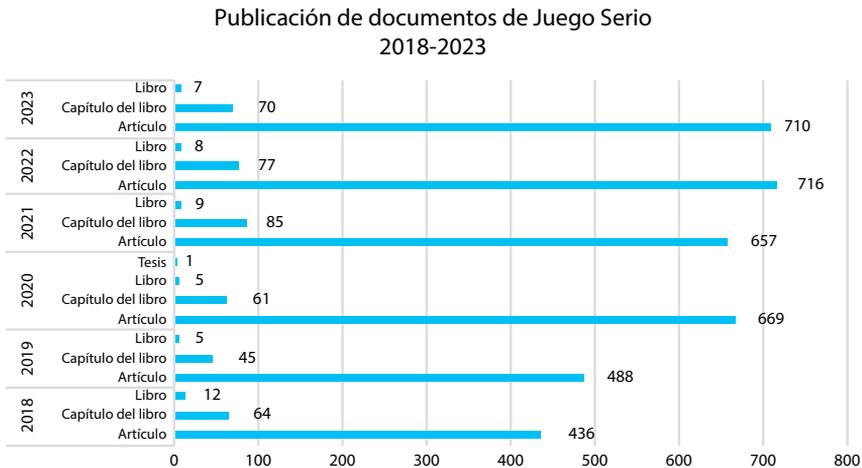
Por otro lado, Acampora *et al.* [10] presentan un juego educativo de realidad mixta denominado TraceGame, diseñado para ayudar a la formación de nuevos investigadores forenses, mejorando sus habilidades en la búsqueda y recuperación de pruebas en escenas del crimen. El objetivo del juego consiste en identificar la mayor cantidad de huellas útiles en la escena del crimen, la cual se recrea esencialmente en el lugar de entrenamiento, en el menor tiempo posible. Los resultados de una sesión experimental demostraron que TraceGame es una herramienta prometedora para respaldar la formación de investigadores forenses principiantes. Con este estudio antecede en la parte de formación profesional en el área de criminalísticos tomando en cuenta la aplicación de conocimientos y la física dentro de ello, lo que hace retomar para un análisis exhaustivo de los factores endógenos (variaciones dentro de los sujetos) y exógenos (variaciones del medio en el que se desenvuelven los sujetos de estudio) y programar el juego específico sobre lo que se quiere enseñar dentro de accidentes en la práctica real.

Finalmente, Benítez *et al.* [11] en su estudio titulado “Enseñanza de física en criminalística: Un enfoque práctico al tema de colisiones inelásticas” describen que la física es una de las ciencias más importantes en criminalística; mencionan que se puede explicar de una colisión vehicular hasta la reconstrucción de toda una escena delictiva. Los autores aplicaron un sistema de estilos de aprendizaje basado en la estrategia de enseñanza 4MAT para alumnos de la licenciatura en Ciencias Forenses y Criminología. Para cada actividad de enseñanza propuesta se solicitó una prueba de aprendizaje, en la cual los estudiantes demostrarían su capacidad para comprender y resolver problemas. Los resultados clave de los estudios antes mencionados se incorporan principalmente en la sección de antecedentes de este estudio. Esto se debe a que brindan recomendaciones cruciales que fueron consideradas en el desarrollo del diseño del juego serio educativo y en las etapas de la situación didáctica de la evaluación del aprendizaje significativo.

Revisión de literatura

A continuación se muestra el análisis de algunos de los estudios más relevantes sobre el tema, utilizando la directriz PRISMA [12], donde se destaca la importancia de los juegos serios en la educación y la enseñanza de la física. La búsqueda inicial se realizó desde el año de publicación de 2018 a 2023 combinando los términos de “Juego Serio” TITLE-ABS-KEY (serious-game) AND PUBYEAR > 2017 AND PUBYEAR < 2024 OR, “Enseñanza de la física” TITLE-ABS-KEY (juego serio AND física AND enseñanza), en los buscadores SCOPUS, Springerlink, Google Académico, y además documentos académicos que cumplieron con las discriminantes adecuadas al tema en cuestión para una visión global. Aunado a esto, posteriormente se combinó con el termino aprendizaje por proposiciones facilitando un resultado concreto (vid. figuras 8.1 y 8.2).

Figura 8.1. “Juego Serio” TITLE-ABS-KEY (serious-game) AND PUBYEAR > 2017 AND PUBYEAR < 2024 OR SCOPUS



Fuente: elaboración propia.

Figura 8.2. "Enseñanza de la física" TITLE-ABS-KEY (juego serio AND física AND enseñanza)" SCOPUS

Publicación de documentos de Juego Serio y la enseñanza de la física



Fuente: elaboración propia.

Solo se incluyeron en este documento aquellos contenidos que incorporaron una discusión de los elementos previamente mencionados en el cuerpo del estudio. Mediante el análisis e identificación de estudios a través de bases de datos y registros de la literatura académica, así mismo los registros eliminados antes de la selección: registros duplicados eliminados ($n = 10$), registros marcados como no aptos por las herramientas de automatización ($n = 562$), registros examinados ($n = 453$). Concretamente con la exclusión analítica, se obtuvieron 10 resultados en SCOPUS, 22 en Springerlink, 15 en Google Académico con estudios incluidos en la revisión; cumpliendo los criterios de inclusión fueron ($n = 47$).

Para la discriminación de documentos e inclusión se tomaron en cuenta: relacionarse con investigaciones efectivas y no revisiones, estudios indexados y libros, ideas centrales de juego serio para la enseñanza de la física y correspondencia con el aprendizaje significativo.

En la revisión del análisis literario se destaca la teoría del aprendizaje significativo por Rodríguez [13] y Rosel *et al.* [14] en las investigaciones: "¿Cómo fomentar el aprendizaje significativo en el aula?" y "¿Cómo surgió

el aprendizaje significativo?”. En ellas hacen referencia a la identificación y delimitación de los conceptos clave del aprendizaje significativo, considerando la construcción teórica desde el aspecto de Ausubel [1] y las diferentes aportaciones que han enriquecido su sentido teórico. Por lo antes mencionado, el aprendizaje significativo como base de las metodologías innovadoras, referenciado por Ordóñez y Mohedano [15], son consideradas sincrónicas al enfatizar que la significatividad del aprendizaje es un proceso progresivo que requiere tiempo. La teoría del aprendizaje significativo sigue siendo una respuesta válida y pertinente a los desafíos presentes en el sistema educativo. En un contexto donde, a pesar de la implementación de metodologías innovadoras, la enseñanza sigue centrada en la superación de diversos exámenes, se fomenta el aprendizaje mecánico en lugar del aprendizaje con significado. Aunque este constructo es ampliamente utilizado, parece haber una comprensión limitada de él, ya que ha habido una apropiación superficial, dando lugar a la idea generalizada de que todo es aprendizaje significativo y que todas las metodologías contribuyen a ello, incluso cuando no se comprende la teoría subyacente. Se encontró también que el proceso de asimilación que conduce al aprendizaje significativo es evolutivo, y que la adquisición y el aprendizaje de conceptos se caracterizan por su progresividad. De acuerdo con Rodríguez [16]: “La eficacia del aprendizaje significativo se basa en sus dos características principales: su carácter no arbitrario y su sustancialidad (no literalidad)”. Esto se relaciona contiguamente con Ausubel [1] enfatizando que los estudiantes no comienzan su aprendizaje desde cero, sino que aportan sus experiencias y conocimientos previos. Estos elementos, si son explicitados y manipulados adecuadamente, pueden ser aprovechados para mejorar el proceso de aprendizaje y hacerlo significativo.

Elementos del juego serio

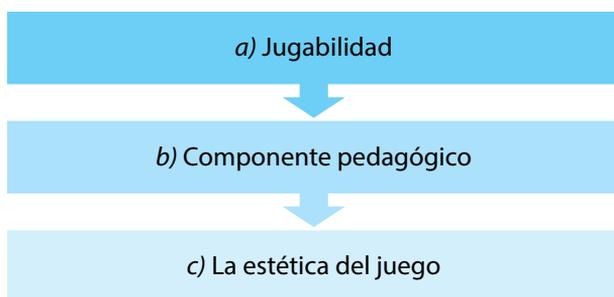
Para la creación del juego serio se empleó el modelo de Capability Maturity Model Integration (CMMI), presentado por IEEE¹ en De Sena y Bezerra [17], como marco para la estructuración y concepción del juego serio. Este mo-

¹ El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la normalización y el desarrollo en áreas técnicas.

delo, ampliamente reconocido en la industria del software y la ingeniería de sistemas, se utiliza para mejorar los procesos organizacionales. La integración de los principios del CMMI en el diseño del juego serio puede asegurar que el proceso de desarrollo sea eficaz, eficiente y de alta calidad. A continuación se presentan algunas directrices del diseño del juego serio conforme a las normativas del CMMI en sus diversas etapas y niveles.

Dentro de la estructura se encuentra el área de proceso, donde se incorporan criterios de calidad que permitan definir de mejor manera los requisitos relacionados con un juego serio. De acuerdo con Cevallos [18], los juegos serios educativos tienen componentes propios que los distinguen de otros productos de software, como lo son la jugabilidad, el componente pedagógico y la estética del juego (*vid.* figura 8.3).

Figura 8.3. Componentes del juego serio



Fuente: elaboración propia con información de Cevallos [18].

A. Jugabilidad

- *Nivel 2: Gestión de proyectos.* En esta etapa se identifican los requisitos del juego en términos de jugabilidad y experiencia del usuario. Se establecen objetivos claros relacionados con la jugabilidad y se asignan recursos para su cumplimiento.
- *Nivel 3: Ingeniería de software.* Se desarrollan prototipos del juego para evaluar y refinar la jugabilidad. Se definen métricas para medir la eficacia de la jugabilidad y se realizan pruebas de usuario para obtener retroalimentación.

- *Nivel 5: Optimización del proceso.* Se implementan procesos de mejora continua para perfeccionar la jugabilidad en iteraciones sucesivas del juego. Se recopilan y analizan datos de rendimiento para identificar áreas de mejora en la jugabilidad.

B. Componente pedagógico

- *Nivel 2: Gestión de proyectos.* Se definen los objetivos de aprendizaje y se integran en los requisitos del juego. Se asignan recursos y se establecen plazos para el desarrollo de contenido educativo.
- *Nivel 3: Ingeniería de software.* Se desarrolla el contenido educativo del juego, siguiendo las directrices pedagógicas establecidas. Se integran herramientas de evaluación para medir el progreso del aprendizaje y la efectividad del contenido.
- *Nivel 4: Desarrollo integrado de productos.* Se realiza una evaluación exhaustiva del contenido educativo para garantizar su precisión y relevancia. Se realizan iteraciones basadas en la retroalimentación de los usuarios y expertos en pedagogía.
- *Nivel 5: Optimización del proceso.* Se implementan estrategias de mejora continua para optimizar el componente pedagógico del juego. Se recopilan datos de rendimiento y retroalimentación del usuario para adaptar y mejorar el contenido educativo.

C. Estética del juego

- *Nivel 2: Gestión de proyectos.* Se definen los requisitos de diseño y la estética del juego. Se asignan recursos para el desarrollo de activos visuales y sonoros.
- *Nivel 3: Ingeniería de software.* Se desarrollan los elementos visuales y auditivos del juego, siguiendo los estándares de diseño establecidos. Se realizan pruebas de usabilidad para garantizar una experiencia estética coherente y atractiva.

- *Nivel 4: Desarrollo integrado de productos.* Se realizan iteraciones de diseño basadas en la retroalimentación del usuario y la evaluación de expertos en diseño.
Se establecen estándares de calidad para la estética del juego y se realizan pruebas de control de calidad.
- *Nivel 5: Optimización del proceso.* Se implementan procesos de mejora continua para mantener la calidad estética del juego a lo largo del tiempo. Se recopilan datos de rendimiento y retroalimentación del usuario para identificar oportunidades de mejora en el diseño y la estética.

Con lo antes mencionado, en la fase inicial para definir el objetivo principal se deben comprender a fondo las necesidades educativas específicas que guiarán el diseño del juego serio centrado en la enseñanza de la física. Esto implica la identificación cuidadosa de los conceptos clave de la física que se pretenden enseñar, así como el análisis detallado del público objetivo al que se dirige el juego. Para lograr estos objetivos, se lleva a cabo una exhaustiva revisión del programa indicativo de la institución donde se aplicará y los currículos de física existentes para comprender los estándares educativos vigentes. Además, se realizan entrevistas con educadores y expertos en física para obtener perspectivas informadas sobre las áreas de enfoque más relevantes. Asimismo, se analizan juegos serios existentes para extraer lecciones valiosas y evaluar cómo se han abordado previamente los desafíos educativos similares. Estas actividades sientan las bases para el diseño posterior, asegurando que el juego sea tanto educativo como efectivo para el público objetivo específico.

Especificaciones técnicas

El diseño del juego serio fue desarrollado con motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies (*vid.* figura 8.4). Este está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows, Mac OS y Linux.

La estructura del juego serio está conformada por niveles, considerados para aplicar la teoría de Ausubel [1] que describe tres tipos de aprendizaje significativo: de representaciones, conceptos y de proposiciones. El diseño

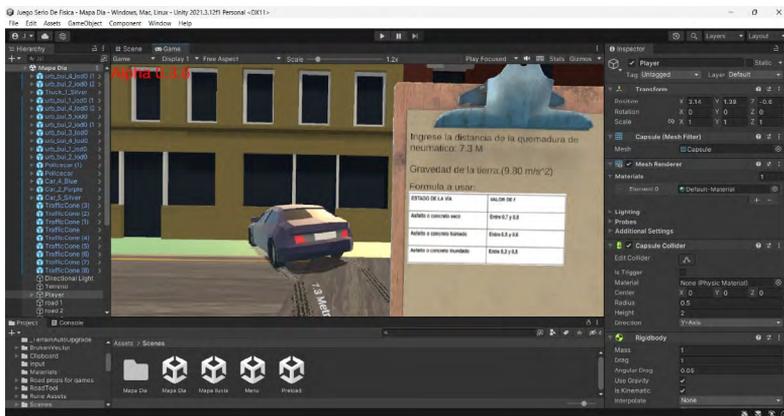
creado fue a base del aprendizaje por proposiciones, que va más allá de la simple asimilación de lo que representan las palabras, combinadas o aisladas, ya que exige captar el significado de las ideas expresadas en forma de proposiciones. Implica la combinación y relación de varias palabras, produciendo un nuevo significado que es asimilado a la estructura cognoscitiva de acuerdo con Moreira [19]. En la figura 8.5 se muestra un ejemplo de la aplicación del aprendizaje basado en preposiciones, mediante la escena de un accidente de hecho de tránsito.

Figura 8.4. Ventana de diseño y programación del juego serio en la plataforma Unity



Fuente: elaboración propia.

Figura 8.5. Escena de accidente de hecho de tránsito para evaluar coeficiente de fricción de frenada para análisis



Fuente: elaboración propia.

Fase para construcción del juego serio

En el cuadro 8.1 se muestran las fases que se siguieron para la construcción del juego serio.

Cuadro 8.1. *Fases para la construcción del juego serio*

<i>Fase 1: Diseño inicial</i>	
1. Objetivo	Definir la idea central: a) Tema b) Mecánica básica c) Desarrollar la visión general del juego por expertos en el área
2. Investigación y análisis	a) Comprender el contexto y la audiencia b) Investigar juegos similares c) Analizar la audiencia objetivo y sus preferencias d) Establecer objetivos educativos
3. Gestión documental pedagógica	Crear una guía detallada que incluya: a) Descripción detallada del juego b) Personajes, historia y ambientación c) Mecánicas de juego y controles d) Diagramas de flujo y mapas de niveles sujeto a la situación didáctica bajo el modelo CMMI, incluyendo las etapas por niveles para el aprendizaje por proposiciones
4. Prototipo	a) Crear un modelo funcional, desarrollando un prototipo básico del juego b) Probar las mecánicas principales y la jugabilidad c) Retroalimentación temprana y realice ajustes para su estética adecuada

Fuente: elaboración propia.

Para esta investigación se considera evaluar el impacto de la implementación del juego serio, complementado con el enfoque de aprendizaje por proposiciones, en la modificación de las percepciones de los estudiantes sobre las fuerzas de rozamiento para gestión de aprendizaje en cada escena real que se pueda suscitar en hechos de tránsito aplicando el modelo matemático de huella de frenada para su análisis posterior e identificación de coeficientes de fricción dependiendo el vehículo y tipo de suelo, dentro de este escrito no se encuentra desarrollada la secuencia didáctica pensada para implementar posteriormente para análisis de resultados.

Conclusión

Finalmente, la evaluación del impacto de la introducción del juego serio en la formación de estudiantes de criminalística resalta la relevancia de la física como un recurso esencial para la toma de decisiones en su futuro desempeño profesional. Este proyecto se ha enfocado en comprender de qué manera el juego serio puede contribuir a la comprensión y aplicación de los conceptos físicos dentro del ámbito de la criminalística, fortaleciendo así las destrezas y habilidades necesarias para ejercer en esta área. A lo largo de esta investigación se han explorado de manera analítica los elementos apropiados para su desarrollo, destacando el potencial del juego serio como una herramienta educativa innovadora que fomenta un aprendizaje activo y práctico, preparando a los estudiantes para enfrentar desafíos reales en su trayectoria profesional.

Créditos

Los resultados reflejados en este capítulo fueron posibles gracias al apoyo recibido por parte del Gobierno de México, a través del Instituto Politécnico Nacional mediante el programa de Proyectos de Investigación en el Programa Especial de Consolidación de Investigadores, a través del proyecto SIP20230174.

Agradecimientos

Este proyecto de investigación es posible gracias al apoyo del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) y al Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, (CICATA) del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Legaria, México, encargados de promover el avance de la investigación científica, y asimismo agradecer a la dirección de investigación por parte de doctores de calidad altamente capacitados en el posgrado de doctorado en Ciencias de Física Educativa, CICATA Legaria.

Referencias

- [1] Ausubel, D. P. (2009). Educational Psychology: A Cognitive View. En *The Motivational, Personality, Group, Social and Teacher Characteristics are Important Enough in School Learning*.
- [2] Merino-Campos, C., Del-Castillo, H., y Medina-Merodio, J. A. (2023). Factors Affecting the Acceptance of Video Games as a Tool to Improve Students' Academic Performance. *Education and Information Technologies*, 28, 5717-5737. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11295-y>.
- [3] Sandi Delgado, J. C., y Sanz, C. V. (2020). Juegos serios para potenciar la adquisición de competencias digitales en la formación del profesorado. *Revista Educación*, 44(1), 454-471. <https://doi.org/10.15517/revedu.v44i1.37228>.
- [4] Jaiswal, A. (2021). Revisiting the Historical Roots of Game-Based Learning. *Tech-Trends*, 65(3), 243-245. <https://doi.org/10.1007/s11528-021-00603-x>.
- [5] Zhurakovskaia, I., Vezien, J., De Hosson, C., y Bourdot, P. (2021). Immersive Serious Games for Learning Physics Concepts: The Case of Density. En *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*.
- [6] Mayer, I., Warmelink, H., y Bekebrede, G. (2013). Learning in a Game-Based Virtual Environment: A Comparative Evaluation in Higher Education. *European Journal of Engineering Education*, 38(1).
- [7] Plass, J. L., Homer, B. D., Mayer, R. E., y Kinzer, C. K. (2019). Theoretical Foundations of Game-Based and Playful Learning. En *Handbook of Game-Based Learning*.
- [8] Schrader, C. (2023). Serious Games and Game-Based Learning. En *Handbook of Open, Distance and Digital Education*.
- [9] Aguilar Castrillon, C. F., Ojeda Rivera, A. F., Aguilar Paz, C. J., Vidal Caicedo, M. I., Camacho Ojeda, M. C., y Chanchi Golondrino, G. E. (2019). Construcción de un juego serio como apoyo al aprendizaje de la física cinemática. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 19(37).
- [10] Acampora, G., Trinchese, P., Trinchese, R., y Vitiello, A. (2023). A Serious Mixed-Reality Game for Training Police Officers in Tagging Crime Scenes. *Applied Sciences*, 13(2).
- [11] Benítez, J. A. B., Díaz, M. H. R., y Vélez, C. I. A. (2019). Enseñanza de física en criminalística: Un enfoque práctico al tema de colisiones inelásticas. *European Scientific Journal*, 15(20).
- [12] Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., y Mulrow, C. D. (2021). Declaración prisma 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2021.07.010>.
- [13] Rodríguez, V. E. M. (2021). Aprendizaje significativo. En *Concursos de Arquitectura: Reflexiones y experiencias en la Tadeo*.
- [14] Rosel, M., Ruano, B., Ausubel, D., Novak, J., y Hanesian, H. (2009). ¿Cómo fomentar

- el aprendizaje significativo en el aula? 1. ¿Cómo surgió el aprendizaje significativo? Temas para la educación. *Revista Digital para Profesionales de la Enseñanza*, 3.
- [15] Ordoñez Olmedo, E., y Mohedano, I. (2019). El aprendizaje significativo como base de las metodologías innovadoras. *Hekademos*, (26), 18-30.
- [16] Rodríguez, M. (2011). La teoría del aprendizaje significativo: Una revisión aplicable a la escuela actual. *Investigacio Innovacio Educativa i Socioeducativa*, 3(1), 29-50.
- [17] De Sena Quaresma, J. A., y Bezerra Oliveira, S. R. (2021). Teaching and learning Strategies for Software Process Subject. En *2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* [Proceedings]. IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE49875.2021.9637428>.
- [18] Cevallos López, A. A. (2020). *Propuesta de un modelo para la calidad del proceso de desarrollo de juegos serios educativos*. Escuela Politécnica Nacional.
- [19] Moreira, M. A. (2008). Organizadores previos y aprendizaje significativo. *Revista Chilena de Educación Científica*, 7(2), 23-30.

9. Evaluación del aprendizaje conceptual de cinemática de máquinas a través de una aplicación de realidad aumentada

CÉSAR ARMANDO RAMÍREZ*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.09>

Resumen

La realidad aumentada (RA) es una tecnología emergente que mejora la educación al proporcionar experiencias inmersivas e interactivas. Este estudio explora su aplicación para enseñar cinemática de máquinas, un concepto clave en ingeniería donde los enfoques tradicionales a menudo luchan con la complejidad y la abstracción. Investigaciones anteriores han demostrado que la RA puede mejorar la comprensión, la visualización y las habilidades de resolución de problemas, pero las aplicaciones específicas, como la cinemática de la máquina, necesitan una mayor exploración y evaluación. Este estudio trata de cerrar esta brecha, evaluando la efectividad de la aplicación de la RA para mejorar el aprendizaje cinemático de la máquina. Utilizamos un enfoque cuantitativo para medir el impacto de la realidad aumentada en los resultados de aprendizaje de los estudiantes de ingeniería. Los hallazgos contribuirán a la investigación educativa en realidad aumentada, proporcionando información sobre las ventajas y limitaciones de su uso en la enseñanza de la cinemática de máquinas. Finalmente, destacamos el potencial de la RA para transformar la educación y señalamos áreas para futuras investigaciones.

* Doctorando en Ciencias en Física Educativa. Coordinador del Programa Campus para la Universidad del Valle de México (UVM), campus Zapopan, Jalisco, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2616-5918>

Palabras clave: *realidad aumentada en educación, cinemática de máquinas, aprendizaje conceptual en ingenierías, factor de ganancia de Hake, tecnologías educativas emergentes.*

Introducción

La realidad aumentada y su funcionamiento

La realidad aumentada (RA) es una tecnología que combina datos generados por computadora con una vista del mundo real para brindar a los usuarios una percepción mejorada de su entorno. Para lograr este objetivo, algunos sistemas de la RA generalmente consisten en una pantalla 3D transparente montada en la cabeza y una pantalla portátil 2D opaca con un lápiz óptico y un panel táctil [1]. El diseño de un sistema de realidad aumentada requiere una consideración cuidadosa de la elección de la infraestructura de software y hardware [1]. El objetivo de la RA es ayudar a los usuarios a interactuar con el mundo a diario, ya sea en campos como la medicina intervencionista o la planificación del diseño de máquinas [1, 2]. Por ejemplo, en el campo de la medicina intervencionista, los sistemas robóticos de realidad aumentada se utilizan para ayudar a los cirujanos a realizar procedimientos médicos en un entorno de realidad aumentada. Estos sistemas incluyen características como la guía visual intraoperatoria y las interfaces de control basadas en gestos que han mostrado resultados prometedores en la mejora de los procedimientos quirúrgicos [3]. En aplicaciones de la RA al aire libre, donde se requiere seguimiento en entornos no preparados, se ha demostrado que la integración de GPS con sensores de inercia y altitud barométrica es eficaz para mejorar la precisión del seguimiento [4]. Además, la RA se ha utilizado con éxito en entornos industriales para tareas como la planificación del diseño y la mejora de la consistencia y precisión de los procedimientos quirúrgicos. Al superponer datos generados por computadora en el mundo real, la realidad aumentada permite a los usuarios evaluar diseños, detectar situaciones críticas y superar limitaciones visuales y de destreza en varios dominios [2, 3, 5].

Cinemática de máquinas y por qué es importante en la ingeniería

La cinemática de máquinas juega un papel vital en el campo de la ingeniería, especialmente en el desarrollo y operación de sistemas robóticos. En el contexto de las máquinas, la cinemática se centra en comprender cómo se mueven e interactúan las piezas individuales. Esta comprensión es fundamental para los ingenieros, ya que les permite diseñar y optimizar máquinas para tareas específicas y garantizar su funcionamiento eficiente y seguro. Además, en el desarrollo de vehículos autónomos, la cinemática es crucial para analizar el movimiento del vehículo y sus componentes, como las ruedas y los mecanismos de dirección [6]. Al estudiar la cinemática de la máquina, los ingenieros pueden identificar problemas potenciales, optimizar el rendimiento y garantizar que las máquinas funcionen como se espera. Además, la cinemática es la base para estudios más avanzados en dinámica, control y planificación de rutas, lo que permite a los ingenieros crear máquinas complejas que pueden realizar tareas complicadas con precisión y confiabilidad.

El uso de la realidad aumentada para mejorar el aprendizaje conceptual en la cinemática de la máquina

La realidad aumentada tiene el potencial de mejorar el aprendizaje de conceptos en la cinemática de máquinas. Al incorporar la tecnología de RA, se puede crear una simulación cinemática completa de una máquina fresadora, lo que proporciona una experiencia de aprendizaje más inmersiva e interactiva para los estudiantes [5]. La simulación se puede utilizar para demostrar cómo cambian las ecuaciones cinemáticas a medida que la máquina se mueve, lo que permite a los estudiantes obtener una comprensión más profunda de cómo los diferentes factores afectan el comportamiento de la máquina [6]. Además, la RA también se puede usar para proporcionar una descripción general de todo el tren motriz, mostrando la relación entre los diferentes componentes y sus predecesores, lo que brinda a los estudiantes una perspectiva más amplia sobre el tema [2]. La integración de la tecnología realidad aumentada en este caso permite la visualización en tiempo real

del modelo cinemático de la aguja, lo que permite a los cirujanos tomar decisiones más informadas durante la cirugía. Además, la RA se puede utilizar para presentar información sobre las máquinas y sus capacidades, brindando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más atractiva e interactiva [1].

Estado del arte

La realidad aumentada ha ganado mucha atención en la educación, con numerosos estudios que exploran su potencial para mejorar la experiencia de aprendizaje. Investigaciones demostraron que la RA tiene el potencial de mejorar la comprensión del contenido educativo, mejorar la motivación y la comprensión del aprendizaje, y optimizar la inclusión digital y de información en entornos educativos [7]. Un estudio de alumnos chilenos de escuela primaria evaluó la efectividad de la realidad aumentada y aplicaciones móviles de navegación para peatones como herramientas de enseñanza en entornos educativos utilizando un análisis de métodos mixtos [7].

Se ha descubierto que los métodos de enseñanza tradicionales en la educación en ingeniería tienen limitaciones en términos de resultados de aprendizaje y participación de los estudiantes. Por ejemplo, se ha demostrado que las conferencias son ineficaces para motivar a los estudiantes y proporcionarles motivación para desarrollar el conocimiento existente [7]. Esto crea una desconexión entre el aula y la práctica de la vida real, ya que los estudiantes no tienen suficientes oportunidades para aprender sobre su profesión en un contexto más amplio basado en la aplicación [7]. Además, la educación en ingeniería carece de oportunidades para la experiencia práctica y la colaboración, lo que dificulta aún más la participación de los estudiantes [7]. Sin embargo, la investigación muestra que la realidad aumentada tiene el potencial de abordar estas limitaciones y mejorar los resultados de aprendizaje y la participación de los estudiantes en entornos educativos. La meta-revisión y el análisis de medios cruzados proporcionan evidencia de que la RA puede mejorar los resultados de aprendizaje y aumentar la participación de los estudiantes [8]. Varios estudios sobre el impacto de

la realidad aumentada en la educación han encontrado resultados positivos en el aprendizaje y la participación de los estudiantes [8]. Un ejemplo de la implementación de la realidad aumentada en la enseñanza de la ingeniería es el curso de formación en habilidades espaciales que ofrece la Universidad de La Laguna [9]. Estos cursos se enfocan en contenido de realidad aumentada e ingeniería gráfica, y las habilidades espaciales de los estudiantes de ingeniería se miden antes y después del curso para evaluar el progreso [7]. Además, el desarrollo de herramientas como la herramienta RA-Dehaes, que incorpora objetos visuales con marcadores de referencia del mundo real, mejora aún más el potencial educativo de las experiencias de realidad aumentada [7, 8]. Aunque todavía existe incertidumbre en la comunidad educativa sobre la practicidad de la realidad aumentada y su efectividad en comparación con otros medios educativos, investigaciones anteriores han demostrado que los sistemas de realidad aumentada tienen el potencial de mejorar el aprendizaje de los estudiantes [8].

Metodología

Diseño del estudio y enfoque de investigación

En este estudio adoptamos un enfoque cuantitativo para evaluar la efectividad de una aplicación de realidad aumentada en la enseñanza de la cinemática de máquinas. Nuestro diseño de investigación se centra en la comparación de los resultados de aprendizaje entre dos grupos de estudiantes: uno que utiliza la aplicación de realidad aumentada y otro que sigue métodos de enseñanza tradicionales. Este enfoque permite la recopilación y análisis de datos numéricos para evaluar objetivamente la eficacia de la realidad aumentada en el aprendizaje conceptual.

Características de los participantes y tamaño de la muestra

La población de estudio consiste en 250 estudiantes de ingeniería de una institución educativa de pregrado. Hemos seleccionado una muestra repre-

sentativa de 40 estudiantes, divididos en dos grupos: el grupo experimental, que utiliza la aplicación de realidad aumentada, y el grupo de control, que no la utiliza. La selección de los participantes se realizó a conveniencia, dado que estos estudiantes cursaron la materia de mecanismos en el tercer ciclo tetramestral de 2021.

Los estudiantes seleccionados pertenecen a las carreras de Ingeniería Biomédica (IBIO) e Ingeniería Mecatrónica (IMEC), con una representación de 29 y 11 estudiantes, respectivamente. Los identificamos utilizando un código que consta de la sigla de la carrera (IBIO o IMEC), seguido de un número del 1 al 20, y una letra que identifica al grupo de control (C) o experimental (E).

Métodos de recopilación y análisis de datos

Para medir el impacto de la realidad aumentada en el aprendizaje utilizamos una combinación de pruebas de rendimiento (pretest y posttest) y análisis de datos de la aplicación. Las pruebas de rendimiento se administran antes y después de la intervención para evaluar los cambios en la comprensión conceptual de los estudiantes.

El análisis de datos se realiza utilizando métodos estadísticos robustos, con un enfoque particular en el factor de ganancia de Hake para comparar los resultados de los grupos experimental y de control. El factor de ganancia de Hake se calcula como la diferencia entre las puntuaciones promedio de las pruebas posinstrucción y preinstrucción, dividida por la diferencia máxima posible. Esta medida es especialmente útil para evaluar cambios significativos en el aprendizaje y la comprensión conceptual [10, 11].

Las diferencias en las puntuaciones del factor de ganancia de Hake se interpretarán como indicativas del impacto de la realidad aumentada en el aprendizaje de la cinemática de máquinas. Este enfoque proporciona una evaluación cuantitativa clara del efecto de la intervención educativa, permitiendo una comparación efectiva entre los métodos de enseñanza tradicionales y aquellos que incorporan la realidad aumentada.

La aplicación de realidad aumentada

Cuadro 9.1. Diseño didáctico detallado del curso de cinemática de máquinas

Semana	Sesión	Duración	Objetivos de aprendizaje	Descripción de actividades	Materiales didácticos	Herramientas e instrumentos
1	Teoría (Día 1)	2 horas	Introducir el curso y objetivos de la investigación	Encuadre del curso, explicación de la metodología y objetivos de la investigación	Guía del curso, presentación en PowerPoint	Computadora, proyector
	Ejercicios (Día 2)	2 horas	Evaluar conocimientos previos de los estudiantes	Aplicación de pretest y su calificación para establecer una línea base	Pretest impreso, hojas de respuestas	Lápiz, papel
2	Teoría (Día 1)	2 horas	Comprender los tipos de eslabonamientos	Presentación y discusión sobre conceptos fundamentales de eslabonamientos	Grupo control: Texto guía, diagramas ilustrativos Grupo experimental: Aplicación de realidad aumentada desarrollada	Pizarra, marcadores
	Ejercicios (Día 2)	2 horas	Identificar eslabonamientos en ejemplos prácticos	Ejercicios prácticos para identificar eslabonamientos en diferentes máquinas	Ejercicios impresos, ejemplos de máquinas	Lápiz, papel
3	Teoría (Día 1)	2 horas	Aprender a crear diagramas cinemáticos	Explicación y demostración de diagramas cinemáticos	Grupo control: Presentación en PowerPoint, ejemplos de diagramas Grupo experimental: Aplicación de realidad aumentada desarrollada	Computadora, proyector
	Ejercicios (Día 2)	2 horas	Desarrollar habilidades en la realización de diagramas cinemáticos	Práctica de creación de diagramas cinemáticos a partir de ejemplos de máquinas	Hojas de trabajo, ejemplos de máquinas	Lápiz, papel, regla
4	Teoría (Día 1)	2 horas	Entender la ecuación de Gruebler	Presentación y explicación de la ecuación de Gruebler para calcular grados de libertad de movimiento	Grupo control: Guía de estudio, presentación en PowerPoint Grupo experimental: Aplicación de realidad aumentada desarrollada	Pizarra, marcadores
	Ejercicios (Día 2)	2 horas	Aplicar la ecuación de Gruebler en ejercicios prácticos	Ejercicios para calcular grados de libertad de movimiento usando la ecuación de Gruebler	Hojas de ejercicios, calculadora	Lápiz, papel
5	Examen (Día 1)	2 horas	Evaluar el aprendizaje de los estudiantes	Examen de primer parcial para evaluar la comprensión y habilidades adquiridas	Examen impreso, hojas de respuestas	Lápiz, papel
	Retro-alimentación (Día 2)	2 horas	Proporcionar retroalimentación y mejorar el aprendizaje	Retroalimentación del examen de primer parcial y entrega de calificaciones	Copias del examen con comentarios, lista de calificaciones	Computadora, proyector

Fuente: elaboración propia.

En el ámbito del desarrollo de aplicaciones móviles se desarrolló una aplicación de RA para celulares con sistema operativo Android, basada en el primer capítulo del libro *Máquinas y mecanismos* de David Myszka [12]. Sin embargo, no se contemplaron todos los temas de dicho capítulo, dada la naturaleza del tiempo en la modalidad de estudio de los alumnos antes mencionado, por lo que estos temas se sintetizaron como se aprecia en el cuadro 9.1. La aplicación —de realidad aumentada— tiene como objetivo brindar una experiencia de aprendizaje más dinámica e interactiva a los estudiantes durante el desarrollo de la investigación.

La aplicación se desarrolló utilizando dos potentes softwares de creación de contenido de realidad aumentada: Unity [13] y Vuforia [14]. Unity es una plataforma de desarrollo de videojuegos ampliamente utilizada, que permite crear aplicaciones interactivas en 3D y 2D. Por otro lado, Vuforia es una herramienta de realidad aumentada que permite crear experiencias interactivas en tiempo real.

La combinación de Unity y Vuforia permitió crear una aplicación de realidad aumentada con animaciones y experiencia inmersiva mediante disparadores de los temas con códigos QR, que representan de forma interactiva los conceptos clave descritos en el primer capítulo del libro de Myszka, enfocándose principalmente en la resolución de ejercicios. Los estudiantes pueden acceder a la aplicación y apuntar con la cámara de su dispositivo móvil a un marcador impreso, para ver en tiempo real los modelos y animaciones de los mecanismos.

La aplicación de realidad aumentada desarrollada con Unity y Vuforia representa una innovación significativa en el ámbito de la educación y el aprendizaje de la mecánica, ya que permite visualizar los conceptos de forma más dinámica y práctica. Además, la aplicación también puede ser utilizada como herramienta complementaria para la enseñanza en aulas y centros educativos, ya que facilita la comprensión de los conceptos más complejos.

Por otro lado, al grupo de control se le instruyó en temas básicos de mecanismos, también utilizando los temas mostrados en el cuadro 9.1. En cuanto al grupo experimental, se le proporcionó un material didáctico con disparadores QR y el enlace para descargar la aplicación de realidad aumentada desarrollada específicamente para este estudio, la cual se basa en el mismo primer capítulo del libro mencionado.

Variables y medidas utilizadas para evaluar la efectividad de la aplicación de realidad aumentada

Para evaluar la efectividad de la aplicación de realidad aumentada en el aprendizaje de la cinemática de máquinas en nuestro estudio nos centramos exclusivamente en el rendimiento académico de los estudiantes como la variable clave. Utilizamos el análisis de la ganancia conceptual de Hake, un método reconocido para evaluar y comparar el aprendizaje en grupos con distintas intervenciones educativas, el cual se basa en la comparación de los resultados de pretest y postest. Calculamos el factor de ganancia, g , que proporciona una medida cuantitativa de la eficacia de la intervención en nuestro grupo experimental en comparación con el grupo de control [10, 11]. Este factor de ganancia se obtiene normalizando las puntuaciones de ganancia promedio en función de la cantidad máxima de ganancia posible [15]. Este método no solo mide el aumento en el conocimiento o habilidades de los estudiantes, sino que también permite una evaluación rigurosa del impacto de nuestro enfoque de enseñanza, el plan de estudios y el entorno de aprendizaje en los resultados del aprendizaje.

La implementación de este análisis es fundamental para determinar la efectividad de la realidad aumentada como herramienta educativa en el campo de la ingeniería. Además, nos permite comparar de manera efectiva la eficacia de distintas estrategias de instrucción y obtener *insights* valiosos sobre cuáles enfoques resultan más beneficiosos para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes en el ámbito de la cinemática de máquinas.

Resultados y discusiones

El análisis de los resultados del examen de primer parcial se centró en la evaluación del aprendizaje conceptual de los estudiantes, con el objetivo de medir la efectividad de la aplicación de realidad aumentada en la enseñanza de la cinemática de máquinas.

Para evaluar el nivel inicial de conocimiento de los estudiantes se aplicó un pretest. Los resultados de este pretest se presentan en el cuadro 9.2. Estos

resultados proporcionan una línea base para comparar el progreso y la eficacia de las intervenciones educativas.

Cuadro 9.2. Calificaciones obtenidas en el pretest por cada uno de los alumnos

<i>Grupos</i>			
<i>Control</i>	<i>Calificación pretest</i>	<i>Experimental</i>	<i>Calificación pretest</i>
IBIO1C	7.25	IBIO15E	0.00
IBIO2C	6.65	IBIO16E	4.85
IBIO3C	5.75	IBIO17E	4.50
IBIO4C	5.75	IMEC7E	3.30
IBIO5C	6.00	IBIO18E	5.15
IBIO6C	5.75	IBIO19E	5.45
IBIO7C	5.75	IMEC8E	5.75
IBIO8C	7.55	IBIO20E	4.85
IBIO9C	4.20	IBIO21E	3.30
IMEC1C	5.10	IBIO22E	0.00
IMEC2C	3.00	IBIO23E	4.80
IMEC3C	4.25	IMEC9E	0.00
IBIO10C	6.95	IBIO24E	5.45
IBIO11C	5.70	IMEC10E	0.00
IBIO12C	2.40	IBIO25E	6.05
IBIO13C	6.35	IMEC11E	3.35
IBIO14C	4.85	IBIO26E	5.45
IMEC4C	6.00	IBIO27E	4.25
IMEC5C	5.15	IBIO28E	3.65
IMEC6C	6.35	IMEC12E	5.45
Promedio	5.54	Promedio	3.78

Fuente: elaboración propia.

El examen de primer parcial consistió en 20 preguntas cuidadosamente diseñadas para medir la comprensión conceptual de los temas cubiertos durante el parcial. Estas preguntas estaban estrechamente alineadas con los objetivos de aprendizaje establecidos para el curso, asegurando que los resultados del examen reflejaran con precisión el aprendizaje de los estudiantes. Los resultados de este examen se presentan en el cuadro 9.3, proporcionando datos cruciales para el análisis del factor de ganancia de Hake.

Cuadro 9.3. Calificaciones obtenidas en el examen de evaluación del primer parcial por cada uno de los alumnos

<i>Grupos</i>			
<i>Control</i>	<i>Calificación examen</i>	<i>Experimental</i>	<i>Calificación examen</i>
IBIO1C	8.70	IBIO15E	5.40
IBIO2C	9.10	IBIO16E	8.80
IBIO3C	8.10	IBIO17E	6.90
IBIO4C	10.00	IMEC7E	5.10
IBIO5C	8.40	IBIO18E	9.70
IBIO6C	9.40	IBIO19E	7.60
IBIO7C	6.60	IMEC8E	9.70
IBIO8C	10.00	IBIO20E	7.50
IBIO9C	6.90	IBIO21E	6.30
IMEC1C	10.00	IBIO22E	8.10
IMEC2C	7.50	IBIO23E	9.40
IMEC3C	9.10	IMEC9E	7.20
IBIO10C	8.10	IBIO24E	6.90
IBIO11C	8.70	IMEC10E	7.20
IBIO12C	10.00	IBIO25E	10.00
IBIO13C	6.90	IMEC11E	7.50
IBIO14C	6.90	IBIO26E	9.40
IMEC4C	7.85	IBIO27E	9.70
IMEC5C	9.70	IBIO28E	7.20
IMEC6C	8.10	IMEC12E	10.00
Promedio	8.50	Promedio	7.98

Fuente: elaboración propia.

Una parte crucial de nuestro estudio fue el análisis comparativo de los resultados de aprendizaje entre los grupos de control y experimental. Esto se hizo para evaluar la efectividad de la aplicación de realidad aumentada en la enseñanza de la cinemática de máquinas. Para ello, calculamos el factor de ganancia de Hake.

El cuadro 9.4 presenta los promedios de las calificaciones obtenidas por los estudiantes en los pretests y postests, junto con el cálculo del factor de ganancia de Hake para cada grupo. Este cálculo nos permite entender no

solo la mejora en el rendimiento académico de los estudiantes, sino también la eficacia relativa de las metodologías de enseñanza aplicadas en ambos grupos.

Cuadro 9.4. Resultados del examen de primer parcial y cálculo del factor de ganancia de Hake

Grupo	Promedio pretest	Promedio postest	Ganancia de Hake (g)
Control	5.54	8.50	Media: 66.44%
Experimental	3.78	7.98	Media: 67.52%

Nota: El cálculo del factor de ganancia de Hake se basa en la fórmula $g = (\text{Postest} - \text{Pretest}) / (\text{Puntuación máxima} - \text{Pretest})$.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados (cuadro 9.4) indican que ambos grupos, control y experimental, mostraron mejoras significativas en su rendimiento académico, con el grupo experimental obteniendo una ligera ventaja. Esto sugiere que la aplicación de RA tuvo un impacto positivo en el aprendizaje de los estudiantes, aunque la diferencia en la eficacia entre los dos métodos de enseñanza no es muy marcada. Estos hallazgos son cruciales para entender el impacto de la RA en la educación en ingeniería y proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones educativas en este campo.

Es crucial destacar que los resultados obtenidos son específicos para el contexto de este estudio y deben interpretarse considerando las limitaciones inherentes al tamaño de la muestra y al entorno educativo específico. Sin embargo, estos hallazgos proporcionan entendimientos valiosos sobre la efectividad de la RA como herramienta de enseñanza en cursos de ingeniería.

Conclusiones

Este estudio representa un avance significativo en la comprensión de cómo las tecnologías emergentes, como la realidad aumentada, pueden ser utilizadas eficazmente para mejorar la educación en campos técnicos y complejos, como es la cinemática de máquinas en la ingeniería. A través del uso del factor de ganancia de Hake, hemos podido demostrar de manera cuan-

titativa que la aplicación de RA contribuye positivamente al aprendizaje conceptual de los estudiantes.

Los resultados indican que, aunque ambos grupos de control y experimental mostraron mejoras en su rendimiento académico, el grupo experimental, que utilizó la RA, exhibió una ligera ventaja en términos de ganancia de aprendizaje. Esto sugiere que la realidad aumentada puede ofrecer una experiencia de aprendizaje más rica y efectiva, posiblemente debido a su capacidad para proporcionar una comprensión más profunda y visual de conceptos abstractos y complejos en la cinemática de máquinas.

Sin embargo, es importante señalar que la diferencia en la eficacia entre los métodos tradicionales y los que incorporan RA no fue abrumadoramente grande. Esto podría indicar que mientras la realidad aumentada tiene el potencial de mejorar el aprendizaje, su implementación debe ser cuidadosamente considerada y complementada con métodos tradicionales para maximizar su eficacia. Además, sugiere la posibilidad de una curva de aprendizaje asociada con nuevas tecnologías que podría haber influido en los resultados.

Este estudio también destaca la importancia de desarrollar y utilizar herramientas de evaluación adecuadas, como el factor de ganancia de Hake, para medir de manera efectiva el impacto de las intervenciones educativas innovadoras. La inclusión de enfoques cuantitativos rigurosos en la investigación educativa proporciona una base sólida para la evaluación crítica y la mejora continua de las prácticas de enseñanza.

Finalmente, los resultados de este estudio abren caminos para futuras investigaciones en el campo de la física educativa. Es crucial explorar más a fondo cómo diferentes enfoques de RA pueden ser optimizados para diferentes estilos de aprendizaje y cómo estos pueden ser integrados con eficacia en los currículos existentes. Además, estudios futuros podrían investigar el impacto a largo plazo de la realidad aumentada en el aprendizaje y la retención de conocimientos en la educación en ingeniería.

En conclusión, nuestro estudio demuestra el potencial significativo de la realidad aumentada en la educación en ingeniería, proporcionando evidencia cuantitativa de su capacidad para mejorar el aprendizaje conceptual. A medida que continuamos explorando y entendiendo mejor estas tecno-

logías emergentes, podemos avanzar hacia una educación en ingeniería más interactiva, inmersiva y eficaz.

Agradecimientos

Mi total agradecimiento al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías por el apoyo otorgado a un servidor, ya que, sin ello, seguramente el proceso de mi investigación no hubiera sido tan productivo como lo es ahora.

A mi hermosa familia, Ana Corina, Abril Natalia y Leonardo Antonio, quienes aún a la distancia han estado por y para siempre conmigo.

Al doctor Carlos de la Cruz Sosa por su asesoreamiento a lo largo de la investigación, quien incondicionalmente ha estado en cada uno de los semestres a lo largo de mi formación como doctor en Ciencias en Física educativa.

Al Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional y a todos sus investigadores, que me han arropado durante estos años en el doctorado. Por darme la oportunidad de pertenecer a esta casa de estudio en la que en algún momento de mi vida soñé estar; estoy orgulloso de este mérito.

Referencias

- [1] Feiner, S., Macintyre, B., Hollerer, T., y Webster, A. (1997). A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment. *Personal Technologies*, 1(4), 74-81.
- [2] Kokkas, A., y Vosniakos, G. C. (2019). An Augmented Reality Approach to Factory Layout Design Embedding Operation Simulation. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 13, 1061-1071.
- [3] Wen, R., Yang, L., Chui, C. K., Lim, K. B., y Chang, S. (2021). *Intraoperative Visual Guidance and Control Interface for Augmented Reality Robotic Surgery*. IEEE.
- [4] Schall, G., Wagner, D., Reitmayr, G., Taichmann, E., Wieser, M., Schmalstieg, D. et al. (2009). Global Pose Estimation Using Multi-Sensor Fusion for Outdoor Augmented Reality. En *8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 153-162). IEEE.

- [5] Weinert, K., Zabel, A., Ungemach, E., y Odendahl, S. (2008). Improved NC Path Validation and Manipulation with Augmented Reality Methods. *Production Engineering*, 2(4), 371-376.
- [6] Wang, Y., Ong, S. K., y Nee, A. Y. C. (2018). Enhancing Mechanisms Education through Interaction with Augmented Reality Simulation. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1552-1564.
- [7] Turkan, Y., Radkowski, R., Karabulut-Ilgü, A., Behzadan, A. H., y Chen, A. (2017). Mobile Augmented Reality for Teaching Structural Analysis. *Advanced Engineering Informatics*, 34, 90-100.
- [8] Radu, I. (2014). Augmented Reality in Education: A Meta-Review and Cross-Media Analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.
- [9] Universidad de La Laguna (s/f). [Página web]. <https://www.ull.es>.
- [10] McKagan, S., Sayre, E., y Madsen, A. (2022). Normalized Gain: What is it and When and How Should I Use It? *PhysPort*. <https://www.physport.org/recommendations/Entry.cfm?ID=93334>.
- [11] Nissen, J. (2016). A Comparison of Hake's g and Cohen's d for Analyzing Gain on Concept Inventories. *Journal Physics Education*.
- [12] Myszka, D. H. (2004). *Machines and Mechanisms*. Prentice Hall.
- [13] Unity (s/f). [Plataforma de desarrollo en tiempo real de Unity | Motor de 3D, 2D, VR y AR]. <https://unity.com>.
- [14] Vuforia Engine (s/f). [Página web]. <https://developer.vuforia.com>.
- [15] Nissen, J. M., Talbot, R. M., Thompson, A. N., y Van Dusen, B. (2018). A Comparison of Normalized Gain and Cohen's d for Analyzing Gains on Concept Inventories. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 010115. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010115>.

10. La realidad aumentada en la resolución de problemas de equilibrio en el espacio para ingeniería empleando ABP

EDGAR ALEJANDRO CAMACHO MEDINA*

JESÚS ALBERTO FLORES CRUZ**

MARIO HUMBERTO RAMÍREZ DÍAZ***

LETICIA AMALIA NEIRA TOVAR****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.10>

Resumen

En este capítulo se describe un proyecto de investigación centrado en la aplicación de una estrategia didáctica en la cual se integra el uso de la realidad aumentada como herramienta tecnológica, combinada con la metodología de aprendizaje basado en problemas, que se desarrolla con la finalidad de lograr mejoras en la resolución de problemas de equilibrio estático tridimensional en el contexto de la enseñanza en la ingeniería. Para identificar los indicadores que permitan observar mejoras en la resolución de problemas, se planteó inicialmente la siguiente hipótesis de investigación: el nivel de logro de los estudiantes que utilizan una estrategia didáctica que emplea la realidad aumentada y el aprendizaje basado en problemas es mayor que el de los grupos correspondientes a ciclos escolares anteriores en los cuales no se aplicó dicha estrategia. Para comprobar dicha hipótesis, será

* Maestro en Ciencias. Profesor de asignatura base en la Facultad de Ingeniería Culiacán de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), campus Culiacán, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9428-536X>

** Doctor en Ingeniería de Sistemas. Profesor en el posgrado en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7816-4134>

*** Doctor en Ciencias en Física Educativa. Profesor en el Posgrado en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3459-2927>

**** Doctora en Administración Estratégica Internacional. Profesora de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7346-0863>

necesario diseñar instrumentos cuantitativos tales como exámenes, rúbricas y encuestas, que permitirán medir el nivel de logro de los estudiantes de ingeniería.

Palabras clave: *realidad aumentada, estática, ingeniería, aprendizaje basado en problemas.*

Introducción

El término de *realidad aumentada* fue propuesto por primera vez en 1992 por Preston Caudell, y alrededor de este concepto se pueden identificar diversos elementos que pueden participar de acuerdo con el tipo de realidad [1]:

1. *El entorno real.* Es el entorno en el cual vivimos y está regido por las leyes de la Física.
2. *La realidad aumentada.* Es una realidad física en la cual los participantes pueden ver, además de la realidad, algunos elementos virtuales.
3. *La virtualidad aumentada.* Es una realidad virtual en la cual los participantes pueden ver también elementos reales.
4. *La realidad virtual.* Se refiere a un mundo sintético en el cual el participante se encuentra completamente inmerso, pudiendo la mayoría de las veces interactuar con él.

Es común confundir los conceptos de *realidad virtual* (RV) y *realidad aumentada* (RA), pero, a diferencia de la RV, la RA no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino al contrario, mantiene el mundo real que ve el usuario y superpone la información sintética al real, de esta forma, el usuario nunca pierde el contacto con el mundo real, pero sí puede interactuar con la información virtual superpuesta [2].

Basogain *et al.* [2, 3, 4, 5] coinciden en la definición de realidad aumentada como una herramienta tecnológica que combina elementos reales y virtuales para crear una percepción integral, la cual nos permite interactuar con elementos virtuales proyectados en el mundo real por medio de un

dispositivo digital, permitiendo al usuario estar en un entorno real aumentado con información adicional generada por el dispositivo en tiempo real.

A pesar de que esta herramienta apareció desde la década de los noventa, en la actualidad sigue vigente y tiene aplicación en diversas áreas del conocimiento, colocándose como una tecnología de la información y de la comunicación importante y con mucho potencial [4]. En el contexto educativo, una de las áreas de implementación de mayor impacto para emplear la RA es el campo de la enseñanza de las ciencias, ya que esta tecnología, además de mostrarse como un detonador en la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias [6], posibilita abordar dificultades en el aprendizaje de estas [7], pero, a pesar de que constituye un cambio de paradigma en el campo de la transmisión gráfica de información y conocimientos, es difícil encontrar hoy en día textos de ingeniería que hayan incorporado esta herramienta [8]. Sin embargo, esta investigación se centra en la utilización de la RA en el ámbito de la física educativa, ya que, para Sánchez [9], en un futuro, la enseñanza de la física cambiará como se conoce hoy en día, utilizando la RA como una de las principales estrategias didácticas.

La información disponible muestra que a través de la investigación y la experimentación se ha logrado la obtención de resultados prometedores mediante el uso de la RA en el campo de la enseñanza, debido a que su implementación ha otorgado indicadores para la formación de entornos de aprendizaje más interactivos y productivos, [10]. En esta investigación también es relevante mencionar que la abstracción y el modelado mental con imágenes es sumamente importante en el campo de la enseñanza de las ciencias [11]. Lo anterior nos lleva a otro concepto íntimamente relacionado con la RA, la *habilidad espacial*, la cual se puede definir como la capacidad para representar las imágenes visuales con precisión, construir representaciones mentales e imaginarias de información visual, comprender y manipular las relaciones entre objetos tridimensionales en el espacio que nos rodea [12]. La habilidad espacial involucra el procesamiento cognitivo que tienen los seres humanos para presentar y manipular figuras espaciales, relaciones y formaciones de figuras tridimensionales [13]. La habilidad espacial se considera también muy importante para lograr grandes alcances en el conocimiento de la ingeniería y otras áreas afines [14]. A pesar de la

importancia de la habilidad espacial, es importante destacar el hecho de que algunos estudios realizados han encontrado que los alumnos de nuevo ingreso a licenciaturas en el área de las ingenierías poseen una habilidad espacial que se puede considerar limitada y que esto podría estar relacionado con el incremento en los índices de reprobación en estos programas [15, 16]. Por otro lado, la investigación de Lee [17] mostró que las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada son herramientas muy útiles para entrenar la habilidad espacial, y por su parte, Sheharyar [18] encontró que el uso de la realidad aumentada ayuda a gran parte de los estudiantes de ingeniería a tener un mayor interés y participación en la resolución de problemas de mecánica y a mejorar sus habilidades para ello. Por otro lado, según Gómez-Vargas *et al.* [19], ejecutando experimentos de física diseñados cuidadosamente es posible entrenar y mejorar la habilidad espacial de los estudiantes a través de la RA, creando experiencias realistas que promuevan una mejor comprensión conceptual.

En el presente trabajo se desarrolla una propuesta que emplea la RA como herramienta para la solución de algunas de las problemáticas a las que los estudiantes de ingeniería se pueden llegar a enfrentar respecto a la resolución de problemas en el contexto de la física, siendo más específicos, en la estática tridimensional, y como se mencionó antes, sirviendo como apoyo para mejorar la habilidad espacial y para lograr una buena visualización de las características geométricas en dichos problemas. Para lograr lo anterior, se propone el diseño y aplicación de una secuencia didáctica, empleando de forma integrada la tecnología de realidad aumentada y una estrategia basada en el aprendizaje basado en problemas (ABP), esto debido a que diversas referencias hacen notar que integrar estas herramientas favorece al campo de la enseñanza en la física. Para Majeed [20], en el ámbito educativo, la RA ha mostrado enriquecer las experiencias de aprendizaje, mejorar las habilidades de aprendizaje y promover el aprendizaje colaborativo. Por otro lado, Fidan y Tuncel [21] afirman también que el integrar el ABP con RA se promueve el aprendizaje y se brinda una actitud positiva en el aprendizaje de la física, permitiendo una mayor retención de los conceptos físicos, ayudando a entender y analizar mejor los escenarios que involucran los problemas en física. Respecto al ABP, se puede destacar que es un método instruccional en el cual los estudiantes aprenden a través de problemas, esto

es, el aprendizaje de los estudiantes se centra en un problema complejo que no tiene una sola respuesta correcta [22]; el ABP es considerado tal vez el método instruccional educativo más innovador de la historia de la educación [23].

En el siguiente apartado se describe de forma breve el desarrollo de la herramienta tecnológica basada en la RA, la cual incluye la creación de los escenarios para la resolución de problemas, así como la propuesta de las actividades a seguir para llevar a cabo el diseño e implementación de una secuencia didáctica donde se integre el uso de RA y ABP.

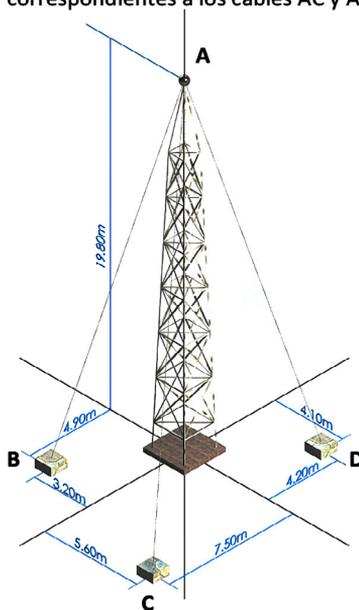
Desarrollo

Diseño de los escenarios para el desarrollo de problemas

Figura 10.1. Escenario de un problema de equilibrio tridimensional

Ejercicio 1.

Suponiendo que la tensión en el cable AB es de 240 N, determina las tensiones correspondientes a los cables AC y AD.



Fuente: elaboración propia.

Para crear los escenarios, se llevó a cabo la etapa inicial, en la cual se realizaron bosquejos en papel para representar modelos tridimensionales que servirían de base para la enseñanza de la estática, para posteriormente desarrollar estos gráficos mediante la aplicación Tayasui Sketches Pro®, bajo el sistema operativo iOS para iPad, esto para crear los escenarios correspondientes a las situaciones problema en 2D. Posteriormente se modelaron estos escenarios en 3D mediante el programa de diseño tridimensional Solid Works® CAD para Windows, de donde se obtuvieron capturas de los modelos tridimensionales para obtener figuras en 2D, las cuales servirían de carátula para cada escenario diseñado, como se ilustra en la figura 1.

Diseño de la app en RA

Figura 10.2. Ejemplo de marcador gráfico 2D para ejecutar RA



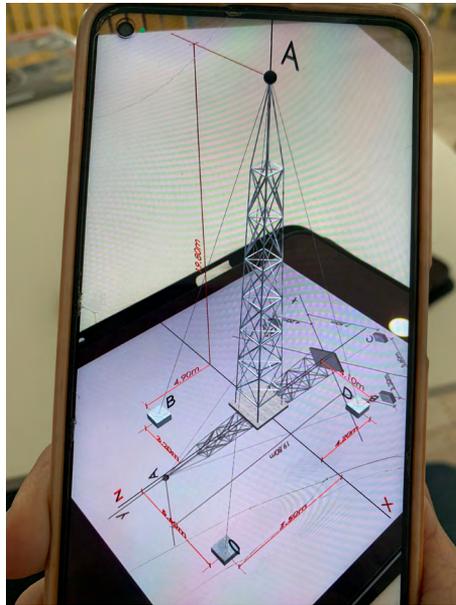
Fuente: elaboración propia.

En la siguiente etapa se añadieron las texturas y se renderizaron los modelos correspondientes a los escenarios que previamente se modelaron en 3D mediante el programa de diseño tridimensional Solid Works® CAD para Windows. Al obtener los modelos en 3D, dichas texturas y renderizado son analizadas mediante el programa Blender® para su optimización y rectificado. Después, para exportar los modelos a una aplicación móvil, primero se enviaron al motor de desarrollo de videojuegos multiplataforma Unity®, en el cual se realizaron los ajustes finales, incluyendo escala, rotación y activación de los marcadores gráficos (cuyo ejemplo se puede ver en la figura 10.2) que dispararán la imagen correspondiente a cada modelo en el equipo móvil a través del software Vuforia®. Los archivos de salida se calibraron para

funcionar mediante el sistema operativo Android y fueron probados en equipos Android de gama baja, media y alta, obteniendo buenos resultados, ya que el programa funcionó sin problemas, exento de fallas como el cierre repentino de la aplicación, deficiencias en la fluidez o *lags*.

Cada modelo 3D desarrollado tiene por objetivo representar un escenario en el que se tiene un ejercicio de equilibrio tridimensional, mismo que planteará una problemática a resolver, incluyendo a su vez las instrucciones a seguir. En la figura 10.3 se muestran dos modelos de los prototipos desarrollados con la herramienta en realidad aumentada ejecutándose en un teléfono móvil que tenía sistema operativo Android.

Figura 10.3. Prototipos de herramienta en realidad aumentada a emplear



Fuente: elaboración propia.

La secuencia didáctica

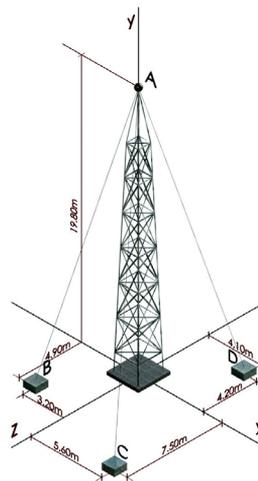
Además de servir para orientar a los estudiantes y facilitar los saberes prácticos que deben adquirir, la secuencia didáctica propuesta para implemen-

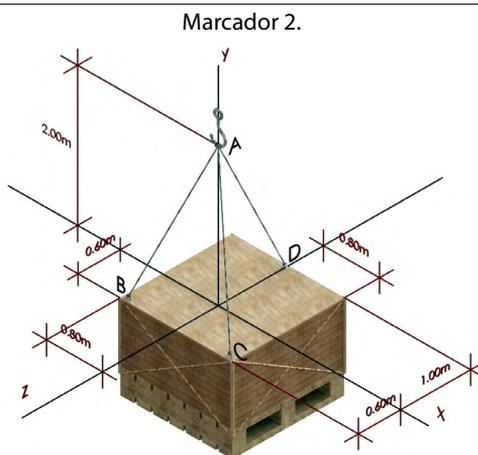
tar la herramienta tecnológica debe ofrecer un proceso de enseñanza constante y reflexivo en el que participen profesores y estudiantes, fungiendo también como una herramienta que permite el análisis e investigación en las prácticas educativas [24]. En este apartado se presenta un esbozo de lo que sería la secuencia didáctica sugerida, misma que se trabajará a lo largo del desarrollo del proyecto de investigación, asimismo, se dividió en tres fases: la fase preparativa, la fase ejecutiva y la fase de análisis, según Bolaños [25]. Esta misma se desarrollará en dos sesiones de 60 minutos, desarrollando una serie de actividades como se muestra en el cuadro 10.1.

Cuadro 10.1. *Secuencia didáctica propuesta*

<i>Fase 1</i>		
Sesión 1	45 minutos	El profesor desarrollará el tema de fuerzas en el espacio planteando primeramente la construcción de un vector de fuerzas con componentes tridimensionales, partiendo de los vectores de posición y el vector lambda.
	15 minutos	El profesor presentará de manera breve la metodología alternativa a seguir mediante la app de realidad aumentada en contraste con la forma tradicional para la resolución de problemas de fuerzas en el espacio. También solicitará a los estudiantes la descarga de dicha app.
Sesión 2	5 minutos	Los estudiantes deberán ingresar al enlace otorgado por el profesor y descargar e instalar en su smartphone el archivo en formato .apk que se muestra. Deberán buscar la app ya instalada y abrirla. La app debe aparecer instalada en su smartphone. Para probar que la app funciona correctamente, deberán escanear con la cámara de su celular sin haber cerrado la app cualquiera de las dos imágenes que se muestran a continuación:

Marcador 1.





Fase 2

Sesión 2	5 minutos	Los estudiantes deberán distribuirse en pares para trabajar de manera conjunta.
	5 minutos	Los estudiantes deberán ingresar a la app previamente instalada y escanear el primer marcador, mismo que corresponde al ejercicio 1 (torre). Deberán leer cuidadosamente el siguiente enunciado, correspondiente al ejercicio 1 (marcador 1).
		<i>Ejercicio 1. Suponiendo que la tensión en el cable AB es de 240 N, determina a) el vector correspondiente a la tensión AB, b) los vectores de posición AC y AD.</i>
	10 minutos	Responderán de forma individual, discutir su solución para después llegar a una respuesta definitiva por pares.
	5 minutos	Deberán leer cuidadosamente el siguiente enunciado, correspondiente al ejercicio 2 (marcador 2):
		<i>Ejercicio 2. Determina los vectores posición correspondientes a los cables AB, AC y AD.</i>
	10 minutos	Deberán responder de forma individual, discutir su solución y posteriormente llegar a una sola respuesta por pares.

Fase 3

Sesión 2	10 minutos	Después de que los pares concluyan y presenten sus respuestas, el profesor llevará a cabo un debate grupal, donde se mostrarán las respuestas correctas a cada ejercicio y los estudiantes harán las correcciones adecuadas.
	10 minutos	Los estudiantes ingresarán al enlace o QR otorgado por el profesor en el cual responderán una encuesta de usabilidad de acuerdo con su experiencia con el uso de la herramienta en realidad aumentada.

Fuente: elaboración propia.

Debido a que la investigación presentada en este capítulo aún está en desarrollo, es necesario señalar que todavía se encuentra en desarrollo la implementación de la estrategia didáctica propuesta, la cual presentará en primer lugar ejercicios para la resolución de problemas de equilibrio estático tridimensional de forma tradicional, por lo que para ello se entregará

a los estudiantes un problemario en el cual se indicarán las instrucciones a seguir. Posteriormente se llevará a cabo el plan para la resolución de un problema similar de equilibrio estático en el contexto de la ingeniería, pero ahora haciendo uso de la herramienta en RA diseñada, haciendo contraste con la metodología tradicional para la resolución de problemas. Es importante señalar que, para finalizar el desarrollo de la actividad, se pedirá a los estudiantes responder un test de usabilidad de la app en realidad aumentada para hacer las mejoras correspondientes según la experiencia de los usuarios y su interacción con el software; el test se implementará tomando como referencia las investigaciones de Flores *et al.* y Meira-Tovar *et al.* [26, 27].

Participantes

La intervención propuesta se llevará a cabo en dos grupos de estudiantes de primer año que cursan la licenciatura en Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería Culiacán de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Cada grupo está conformado por aproximadamente 32 estudiantes, de los cuales 70% son hombres y 30% son mujeres.

Modelo didáctico

La intervención didáctica contempla el uso de la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP), cuyo eje central empleará la RA para el desarrollo de actividades en el contexto de la estática. El ABP es una metodología que, a través de problemas, dirige a los estudiantes hacia el aprendizaje, esto es, el aprendizaje de los estudiantes se centra en un problema complejo [22]. Las actividades a desarrollar mediante ABP son consideradas de muy bajo costo en comparación con algunos otros métodos educativos, lo que se puede considerar una gran ventaja del ABP sobre otras metodologías. Barrows [28] define las características del ABP del siguiente modo:

1. El aprendizaje está basado en el alumno.
2. El aprendizaje se produce en grupos pequeños de estudiantes.

3. Los profesores son facilitadores o guías.
4. Los problemas forman el foco de organización y estímulo para el aprendizaje.
5. Los problemas son un vehículo para el desarrollo de habilidades de resolución de otros problemas.
6. La nueva información se adquiere a través del aprendizaje autodirigido.

Una vez que se lleve a cabo la intervención didáctica, el análisis se centrará en las siguientes variables de investigación:

- *Variable independiente*
 1. Realidad aumentada
 2. Aprendizaje basado en problemas
- *Variable dependiente*
 1. Los niveles de logro

La identificación de los niveles de logro, según el Gobierno de Chile [29], corresponde a la clasificación de tres categorías: inicial, intermedio y avanzado. Minedu (2015), como se citó en Bautista y Soto [30], describe los aprendizajes alcanzados en los cuales cada nivel detalla un conjunto de aprendizajes logrados por los estudiantes.

El desarrollo de la investigación contempla la utilización de una metodología cuantitativa y cualitativa, por lo que se propone analizar datos que puedan ser contados y medibles. Este tipo de metodología utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente, además lleva a cabo la medición de variables e instrumentos de investigación, con el uso de la estadística descriptiva e inferencial, en tratamiento estadístico y la prueba de hipótesis; la formulación de hipótesis estadísticas, el diseño formalizado de los tipos de investigación; el muestreo, etc. [31]. Para recopilar los datos mencionados anteriormente se aplicarán exámenes diagnósticos, tests, evaluaciones escritas, entrevistas, encuestas y grabaciones.

Conclusiones

Resulta conveniente integrar metodologías como el aprendizaje basado en problemas con tecnologías aplicadas a la enseñanza de la física, como es la realidad aumentada, ya que según diversas investigaciones, como las que se citan a lo largo de este capítulo, dan pie a colocar en una posición favorable a estrategias con base en herramientas como estas, integradas a una secuencia didáctica para llevarlas a cabo, debido a que han arrojado resultados que implican mejoras en el aprendizaje de la física en diversos niveles educativos, y de manera particular, en el contexto de la ingeniería, como es el caso de la actual investigación. Además, se encontró evidencia de que el uso de las tecnologías suele ser un motivador de los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias, dejando atrás la forma “tradicional” de enseñar física. Una estrategia como esta, la cual integra RA y ABB, promueve aprendizajes desde entornos más interactivos, sirviendo de apoyo en cuestiones de habilidad espacial, trabajo colaborativo y resolución de problemas, todo esto desde una perspectiva más profunda en cuanto al análisis, comprensión y retención conceptual.

Créditos

Los resultados reflejados en este capítulo fueron posibles gracias al apoyo recibido por parte del Gobierno de México, a través del Instituto Politécnico Nacional, mediante el programa de Proyectos de Investigación en el Programa Especial de Consolidación de Investigadores, con el proyecto SIP20230174.

Agradecimientos

Al Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional, al Laboratorio de Realidad Virtual e Inmersiva de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

en la Universidad Autónoma de Nuevo León, a la Facultad de Ingeniería Culiacán de la Universidad Autónoma de Sinaloa y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) por el apoyo brindado para llevar a cabo este trabajo de investigación.

Referencias

- [1] Arena, F., Collotta, M., Pau, G., y Termine, F. (2022). An Overview of Augmented Reality. *Computers*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/computers11020028>.
- [2] Basogain, X., Izkara, J. L., y Borro, D. (2007). Educational Mobile Environment with Augmented Reality Technology. En *Inted 2007 Proceedings*. Inted. <https://www.researchgate.net/publication/238095398>.
- [3] Azuma, R. T. (1997, agosto). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.
- [4] Dargan, S., Bansal, S., Kumar, M., Mittal, A., y Kumar, K. (2023). Augmented Reality: A Comprehensive Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(2), 1057-1080. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09831-7>.
- [5] Watanuki, K., y Hou, L. (2010). Augmented Reality-Based Training System for Metal Casting. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 24, 237-240. <https://doi.org/10.1007/s12206-009-1175-9>.
- [6] Astuti, F. N., Suranto, S., y Masykuri, M. (2016, julio). Augmented Reality for Teaching Science: Students' Problem Solving Skill, Motivation, and Learning Outcomes. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 5(2), 305-312. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i2.8455>.
- [7] Peeters, H., Habig, S., y Fechner, S. (2023). Does Augmented Reality Help to Understand Chemical Phenomena During Hands-on Experiments?: Implications for Cognitive load and Learning. *Multimodal Technologies and Interaction*, 7(2), 9. <https://doi.org/10.3390/mti7020009>.
- [8] Gallego, A. M., Fernández, E., Garibay, M. T., Zapata, J. M., y Zapata, R. (2018). Estática en realidad aumentada. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 5 (supl. 2), 65-72. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/22899>.
- [9] Sánchez, J., y Ramírez Díaz, M. H. (2022). Augmented Reality in Physics Teaching. *European Journal of Physics Education*, 13(1).
- [10] Lee, K. (2012). Augmented Reality in Education and Training. *TechTrends*, 56(2), 13-21. <https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3>.
- [11] Mathewson, J. H. (1999, enero). Visual-Spatial Thinking: An Aspect of Science Overlooked by Educators. *Science Education*, 83(1), 33-54. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199901\)83:1%3C33::AID-SCE2%3E3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199901)83:1%3C33::AID-SCE2%3E3.0.CO;2-Z).
- [12] Khine, M. S. (2016). *Visual-Spatial Ability in Stem Education: Transforming Research into Practice*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44385-0>.

- [13] Hartatiana, H., Darhim, D., y Nurlaelah, E. (2017). Improving Junior High School Students' Spatial Reasoning Ability through Model Eliciting Activities with Cabri 3D. *International Education Studies*, 11(1), 148. <https://doi.org/10.5539/ies.v11n1.p148>.
- [14] Sheharyar, A., Srinivasa, A. R., y Masad, E. (2020). *Enhancing 3D spatial skills of engineering students using augmented reality* [Ponencia]. ASEE Virtual Annual Conference Content Access. <https://doi.org/10.18260/1-2--34568>.
- [15] Vázquez, S. M., Marianela, Y., y Biggio, N. (2011). Razonamiento espacial y rendimiento académico. *Interdisciplinaria*, 28, 145-158.
- [16] Branoff, T., Mohammed, J., y Brown, J. (2022). The role of Spatial Visualization Ability in Course Outcomes and Student Retention within Technology Programs. *Journal for Geometry and Graphics*, 26(1), 159-170.
- [17] Lee, E. A. L., y Wong, K. W. (2014). Learning with Desktop Virtual Reality: Low Spatial Ability Learners are more Positively Affected. *Computers & Education*, 79, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010>.
- [18] Sheharyar, A., Srinivasa, A. R., y Masad, E. (2020). *Enhancing 3D Spatial Skills of Engineering Students using Augmented Reality* [Ponencia]. ASEE Virtual Annual Conference Content Access. <https://doi.org/10.18260/1-2--34568>.
- [19] Gómez-Vargas, I., Medel-Esquivel, R., y García-Salcedo, R. (2018). Realidad aumentada como herramienta didáctica en geometría 3D. *Latin-American Journal of Physics Education*, 12(4), 3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6960469>.
- [20] Majeed, Z. H., y Ali, H. A. (2020). A Review of augmented reality in Educational Applications. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 7(62), 20-27. <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2019.650068>.
- [21] Fidan, M., y Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into Problem Based Learning: The Effects on Learning Achievement and Attitude in Physics Education. *Computers & Education*, 142, 103635. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635>.
- [22] Silver-Hmelo, C. E. (2004, septiembre). Problem-Based Learning: What and How do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>.
- [23] Hung, W., Jonassen, D. H., y Liu, R. (2008). Problem-Based Learning. En *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*.
- [24] Obaya, A., y Ponce, R. (2007). La secuencia didáctica como herramienta del proceso enseñanza aprendizaje en el área de Químico-Biológicas. *ContactoS*, 63, 19-25. www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n63ne/secuencia_v2.pdf.
- [25] Bolanos Betancourt, C. X. (2020). *Secuencia didáctica fundamentada en el ABP para promover el aprendizaje y la resolución de problemas en los aprendices del Sena* [Tesis de maestría en Educación]. Universidad ICESI, Colombia. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/87758/1/T02087.pdf.
- [26] Flores, E. S., Neira-Tovar, L., y González, S. O. (2020). Desarrollo de pruebas de usabilidad bajo realidad virtual para entrenamiento técnico médico. *International Journal of Good Conscience*.

- [27] Neira-Tovar, L., Castilla Rodríguez, I., y González Salazar, F. (2023). A Method to Improve the Design of virtual reality games in healthcare applied to Increase Physical Activity in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Applied Sciences*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/app13010050>.
- [28] Barrows, H. S. (1986). A Taxonomy of Problem-Based Learning Methods. *Medical Education*, 20(6), 481-486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>.
- [29] Gobierno de Chile, Ministerio de Educación (2013). *Niveles de logro 2. medio 2013*.
- [30] Bautista, E. P., y Soto, J. M. (2020). *Estilos de aprendizaje y niveles de logro de aprendizaje del área DPCC en los estudiantes de segundo grado de secundaria de la I. E. "Amalia Campos de Belevan", Pitipo 2019* [Tesis]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú.
- [31] Naupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación, cualitativa-cuantitativa y redacción de la tesis*. Ediciones de la U.

11. La realidad aumentada como herramienta para la enseñanza del péndulo simple

GILBERTO CASTREJÓN*

MIGUEL OLVERA ALDANA**

NIELS H. NAVARRETE***

ILIANA CRISTINA CARRILLO IBARRA****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.11>

Resumen

Este trabajo presenta una investigación en ciernes sobre el uso de la realidad aumentada (RA) para explicar conceptos físicos, como son: periodo, frecuencia, frecuencia angular, ángulos pequeños, etc., que se desprenden del estudio del péndulo simple. En este sentido, se busca generar el interés y aprendizaje en los estudiantes, y para ello se propuso crear una aplicación de RA que les permita una nueva manera de ver la realidad, y una mejor comprensión de los temas. De aquí se diseñó e implementó, en su primera fase (calibración), una estrategia didáctica con estudiantes de ingeniería de una escuela superior del IPN, con el objetivo de verificar si se tuvo un avance en la comprensión de los conceptos físicos mencionados. Algunos de los elementos de dicha estrategia fueron: 1) diagnóstico. Aplicación de un test (validado por expertos) para identificar el estilo de aprendizaje predomi-

* Doctor en Filosofía de la Ciencia. Investigador en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4133-6163>

** Doctor en Ciencias en Física Educativa. Investigador en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3508-5556>

*** Maestro en Ciencias de la Computación. Profesor en la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7938-6342>

**** Doctora en Ciencias en Matemáticas. Profesora en la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0301-9378>

nante en los estudiantes; 2) diseño de la aplicación de la RA; 3) se implementó en el aula una secuencia didáctica con el uso de los marcadores de RA, para explicar los conceptos físicos; 4) se identificaron deficiencias y áreas de mejora, entre otros. Del análisis previo de los resultados, observamos que podrá esperarse, en una segunda implementación, un incremento en la comprensión de conceptos, aplicando un pre/posttest RA para evaluar la ganancia conceptual, asimismo, se pudo verificar que el estilo de aprendizaje predominante en los estudiantes es el visual.

Palabras clave: *péndulo simple, enseñanza, realidad aumentada, estilo de aprendizaje, ganancia conceptual.*

Introducción

Los métodos de aprendizaje han utilizado las tecnologías como herramienta y medio de enseñanza, lo cual mejora la comprensión de diversos temas por parte de los estudiantes, por lo que ha surgido un interés en buscar mecanismos de enseñanza, generando nuevas herramientas tecnológicas [1, 2]. Uno de los principales obstáculos en el aprendizaje es la falta de interés por parte de los estudiantes, así como el no uso de herramientas alternativas, lo que provoca un bajo rendimiento académico [3].

En la presente investigación se ha buscado generar el interés de los estudiantes, por lo que se tuvo como objetivo crear una aplicación de realidad aumentada (RA), que pueda permitirles nuevas experiencias para una mejor comprensión de los temas [4]. En este sentido, para el diseño de la aplicación de RA se tomó en cuenta el estilo de aprendizaje predominante en los estudiantes: el visual. Para ello se desarrolló una aplicación de realidad aumentada para la enseñanza del tema del péndulo simple. Asimismo, se implementó una secuencia didáctica en una escuela de ingeniería del IPN, usando como base tecnológica a la RA, para la enseñanza de conceptos físicos vinculados al péndulo simple.

La implementación previa permitió calibrar la secuencia didáctica y mejorar la aplicación de RA para, en una segunda oportunidad, poder implementar de nuevo la secuencia didáctica y medir la ganancia conceptual

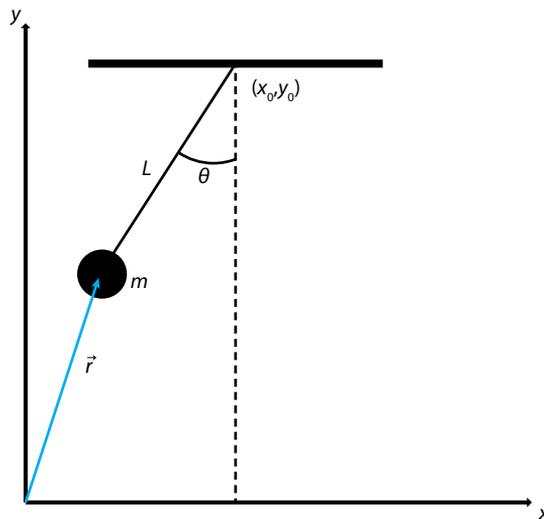
en los estudiantes. Cabe señalar que el péndulo simple es un fenómeno físico de suma importancia, considerando que es una clara explicación de cómo sabemos que la Tierra gira sobre su propio eje, y nos da pauta para entender la fuerza de gravedad de nuestro planeta o la medición del tiempo, entre otros. De los resultados preliminares, a partir de observación directa, se observa un mejor entendimiento de los conceptos, así como un interés por parte de los estudiantes.

Marco teórico

El péndulo simple y sus fundamentos teóricos

El péndulo simple es un sistema físico constituido por un objeto de masa m suspendido mediante una cuerda ideal de longitud L , la cual, al instante de tiempo t , forma un ángulo θ con la vertical, como se muestra en la figura 11.1.

Figura 11.1. Péndulo simple



Fuente: elaboración propia.

A partir de la figura 11.1, las coordenadas de la posición del objeto están dadas de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$x = x_0 - L \sin \theta \quad (1)$$

$$y = y_0 - L \cos \theta \quad (2)$$

Respecto al ángulo θ , puede establecerse la convención de considerarlo positivo cuando yace a la izquierda de la vertical, y será considerado negativo cuando yace a la derecha de la vertical.

Por otra parte, para obtener las componentes de la velocidad del objeto derivamos respecto al tiempo, al anterior sistema de ecuaciones, obteniéndose:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = -L \frac{d\theta}{dt} \cos \theta \quad (3)$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = L \frac{d\theta}{dt} \sin \theta \quad (4)$$

Y derivando una vez más respecto al tiempo, obtenemos las componentes de su aceleración:

$$a_x = \frac{d^2x}{dt^2} = L \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 \sin \theta - L \frac{d^2\theta}{dt^2} \cos \theta \quad (5)$$

$$a_y = \frac{d^2y}{dt^2} = L \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 \cos \theta + L \frac{d^2\theta}{dt^2} \sin \theta \quad (6)$$

Como se sabe, la aceleración y la fuerza están relacionadas por la segunda ley de Newton, la cual, al ser escrita para cada componente, adopta la siguiente forma:

$$F_x = ma_x \quad (7)$$

$$F_y = ma_y \quad (8)$$

Empleando ahora el diagrama de cuerpo libre, es posible identificar las componentes cartesianas de la fuerza total ejercida sobre el objeto:

$$F_x = T \sin \theta \quad (9)$$

$$F_y = T \cos \theta - mg \quad (10)$$

Sustituyendo ahora las ecuaciones (5), (6), (9) y (10) en las componentes cartesianas de la segunda ley de Newton —dadas por las ecuaciones (7) y (8)—, obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales:

$$mL \left[\left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 \sin \theta - \frac{d^2\theta}{dt^2} \cos \theta \right] = T \sin \theta \quad (11)$$

$$mL \left[\left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 \cos \theta + \frac{d^2\theta}{dt^2} \sin \theta \right] = T \cos \theta - mg \quad (12)$$

Nótese que, en este sistema de ecuaciones diferenciales, las únicas cantidades desconocidas son el ángulo θ y la tensión T de la cuerda, y resolverlo para estas variables constituye un ejercicio algebraico muy sencillo. Primeramente, se multiplica la ecuación (11) por $\cos \theta$, y la ecuación (12) por $\sin \theta$, para obtener:

$$mL \left[\left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 \sin \theta \cos \theta - \frac{d^2\theta}{dt^2} (\cos \theta)^2 \right] = T \sin \theta \cos \theta \quad (13)$$

$$mL \left[\left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 \cos \theta \sin \theta + \frac{d^2\theta}{dt^2} (\sin \theta)^2 \right] = T \cos \theta \sin \theta - mg \sin \theta \quad (14)$$

A continuación, la ecuación (13) se resta de la ecuación (14), lo cual resulta en la expresión:

$$mL \frac{d^2\theta}{dt^2 [(\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2]} = -mg \sin \theta$$

Y a su vez, al ser simplificada, conduce a la ecuación:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L} \sin \theta \quad (15)$$

Esta resulta ser la ecuación diferencial que permite determinar el ángulo θ para todo instante de tiempo t , y que usualmente se deduce, aunque de manera alternativa en todos los libros de texto de física a nivel licenciatura.

Si ahora sustituimos¹ la ecuación (15) en la ecuación (12), obtendremos la expresión:

¹ La sustitución también puede hacerse en la ecuación (11).

$$mL \left[\left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 \cos \theta - \frac{g}{L} (\sin \theta)^2 \right] = T \cos \theta - mg,$$

la cual puede describirse como:

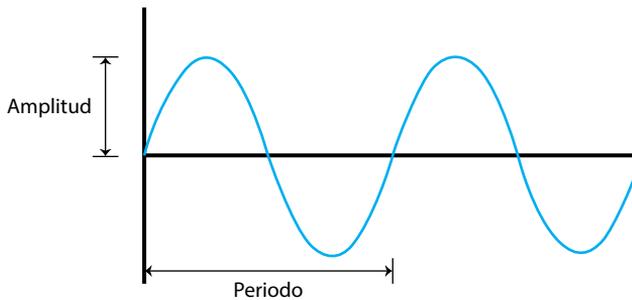
$$mL \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 \cos \theta = T \cos \theta - mg[1 - (\sin \theta)^2],$$

y que, al ser simplificada y despejada, además para la tensión T nos conduce a la ecuación:

$$T = mL \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 + mg \cos \theta \tag{16}$$

Las ecuaciones (15) y (16) determinan completamente el movimiento del objeto de masa m , de manera que cuando a través de ellas se determine el ángulo θ , será posible conocer su posición para todo instante de tiempo t . En este sentido, el tipo de movimiento que describe el péndulo simple es oscilatorio, también conocido como “movimiento armónico”, y su representación gráfica se ilustra en la figura 11.2.

Figura 11.2. Gráfica de la sinusoidal $\theta(t)$



Fuente: elaboración propia.

Cabe señalar que si se coloca un péndulo sobre una superficie y se hace oscilar, la figura que se traza con su sombra es una línea recta. Este movimiento en función del tiempo dará una resultante en forma sinusoidal como el de la figura 11.2. Ahora bien, para la deducción de las ecuaciones del péndulo se aplicó la siguiente ley: “Un cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme a menos que una fuerza externa

actúe sobre él. Newton llamó inercia a la propiedad de una partícula que le permite mantenerse en un constante estado de movimiento o reposo” (5, p. 69). Esta ley también se le conoce como ley de la inercia. En el caso del péndulo simple, se aplica una ley similar: un objeto que rota sobre su eje tiende a mantenerse en rotación sobre ese eje, por lo que la resistencia de un objeto a cambiar su estado rotacional de movimiento es justamente esa inercia rotacional. Basta señalar que la inercia rotacional depende de la masa del objeto. Aunque, a su vez, la inercia rotacional depende además de la distribución de la masa. A mayor distancia entre el centro de masa de un objeto y el eje sobre el cual ocurre la rotación, existe mayor inercia rotacional [6]. Un péndulo largo tiene mayor inercia rotacional que un péndulo corto. Se podría decir que es “más flojo”, de manera que oscila más lentamente que un péndulo de cuerda corta [6].

Finalmente, aunque en apariencia las ecuaciones del péndulo simple son sencillas, no es posible dar soluciones analíticas en términos de funciones elementales,² por lo que para obtener sus soluciones es necesario usar métodos de integración numérica. En este sentido, puede resultar complejo para los estudiantes entender completamente el fenómeno y los conceptos implícitos, por lo que buscar formas alternativas de visualizar y entender este fenómeno físico llega a ser relevante [7]. Así, hemos propuesto usar la RA como apoyo para la enseñanza del péndulo simple.

La realidad aumentada como herramienta para la enseñanza

La razón de haber elegido la herramienta de RA para la enseñanza del péndulo simple radica en que se realizó un diagnóstico inicial para identificar el tipo de estilo de aprendizaje predominante en los estudiantes [8] (*vid.* la sección de metodología). La teoría de estilos de aprendizaje permite relacionar el comportamiento de los estudiantes con la manera en que estos aprenden, lo cual ayuda a determinar cómo actuar en ciertos contextos educativos [9, 10]. El resultado del diagnóstico arrojó que el estilo pre-

² Para el caso de ángulos pequeños ($\theta \leq 5^\circ$), las ecuaciones adquieren una forma que sí puede resolverse en términos de funciones elementales.

dominante era el visual (*vid.* la sección metodología). En este sentido, se optó por diseñar una aplicación de RA, dado que es una herramienta meramente visual.

La realidad aumentada es una tecnología emergente a la par de la realidad virtual y la realidad mixta, que en su caso nos permite combinar un ambiente real con elementos virtuales, tales como objetos 3D, texto, etc. Al ser la RA una tecnología que no reemplaza un entorno real, esta le permite al usuario observar cómo un entorno físico coexiste con objetos de un entorno virtual, como se muestra en la figura 11.3.

Figura 11.3. Guía de entretenimiento con realidad aumentada y geolocalización

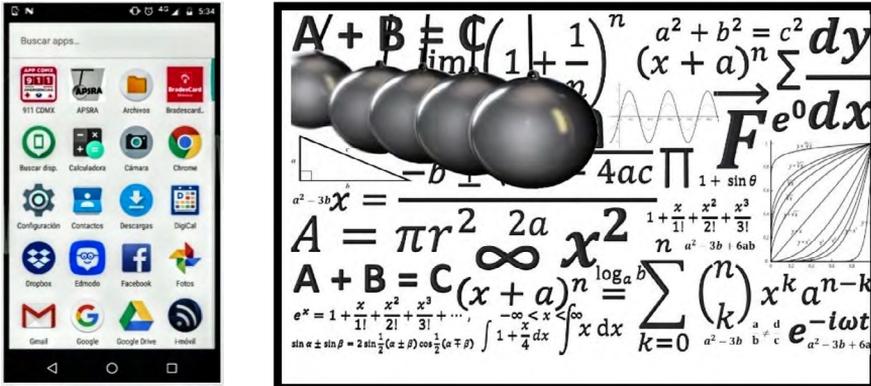


Fuente: *Guía de entretenimiento con realidad aumentada* [11].

En relación con lo anterior, existen diversas aplicaciones de RA con fines didácticos, como el Simple pendulum [12], la cual es una aplicación para el sistema operativo Android, que permite al usuario interactuar modificando el ángulo y la longitud de la cuerda. Otra aplicación es el Pendulum studio [13], la cual permite visualizar nueve tipos de péndulos en 2D y 3D, y a su vez, da la oportunidad al usuario de modificar la longitud de la cuerda, variar la velocidad y visualizar el trazo del movimiento. En el caso de la aplicación de RA que se diseñó, esta fue una combinación entre Vuforia (para los marcadores) [14] y Unity (para los gráficos) [15], con software libre. Esta aplicación se denominó APSRA.

La aplicación se subió a la nube, y pudo descargarse en la App Store del sistema Android para *smartphones*.

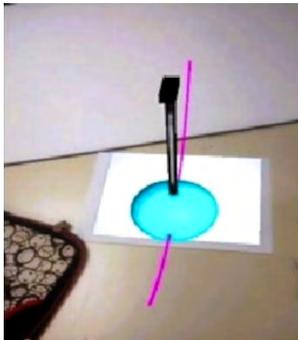
Figura 11.4. Menú en un dispositivo Android con la aplicación APSRA instalada y marcador



Fuente: elaboración propia.

La aplicación APSRA contiene una interfaz donde el usuario puede ingresar parámetros como masa (m), longitud (L) de la cuerda y ángulo (θ). Para observar la simulación del péndulo simple, se enfoca la cámara del Smartphone sobre el marcador y en la pantalla se puede observar al péndulo y su traza, como se muestra en la figura 11.5.

Figura 5. Simulación del péndulo simple dibujando la traza de su oscilación



Fuente: elaboración propia.

Metodología

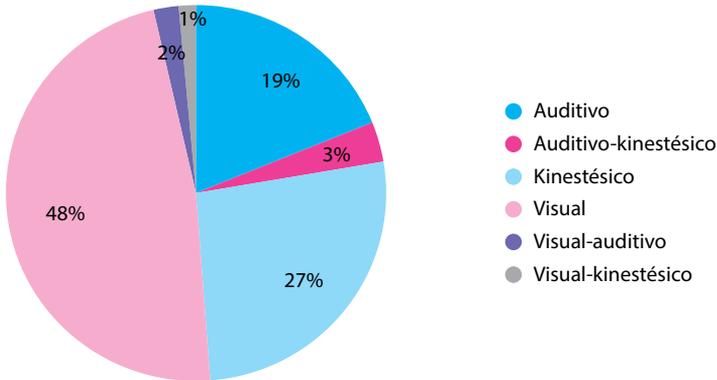
Aplicación del test de estilos de aprendizaje

Para Keefe, mencionado por Cazau, los estilos de aprendizaje serían: “Los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos, que sirven como indicadores relativamente estables, de cómo los alumnos reciben interacciones y responden a sus ambientes de aprendizaje” [9]. El estilo de aprendizaje corresponde a cómo los individuos aprenden de acuerdo con sus características propias, tanto intelectuales como afectivas, y aplica formas específicas de retener, asimilar y aprender la información. Así, tomar en cuenta el estilo de aprendizaje de una persona permite establecer estrategias específicas más eficaces para que aprenda y pueda retener información.

En términos generales, se pueden considerar tres sistemas o canales para representar mentalmente la información: el visual, el auditivo y el kinestésico. Usamos el canal visual en la medida en que nos representamos o recordamos imágenes. El canal auditivo nos permite reproducir en nuestra mente voces o sonidos. Finalmente, cuando recordamos el sabor de la comida, o los sentimientos que nos evoca el escuchar una canción, estamos utilizando el canal kinestésico [16].

En la presente investigación se comenzó suponiendo que uno de los canales predominantes en los estudiantes es el visual, dados los nuevos contextos en los que estos se desenvuelven. A partir de lo anterior, para identificar el canal predominante de los estudiantes se desarrolló e implementó una herramienta con el test validado de Lynn O’Brien [17] (*vid.* anexo A), el cual se aplicó a un 5% de la población de la Escuela Superior de Cómputo (Escom) del IPN; cabe señalar que, de acuerdo con las estadísticas de la matrícula estudiantil, la población total es de aproximadamente 2510 alumnos inscritos en modalidad escolarizada [18]. Los estudiantes accedieron a este, vía online, desde la plataforma del Grupo de Investigación en la Enseñanza de la Física (*vid.* figura 7). Los resultados obtenidos muestran que aproximadamente la mitad de los estudiantes tiene como canal de aprendizaje predominante el visual, seguido del kinestésico. Asimismo, pocos de los estudiantes cuyo canal de aprendizaje predominante son dos se encuentran con el mismo porcentaje (*vid.* figura 11.6).

Figura 11.6. Porcentaje del estilo de aprendizaje predominante de los estudiantes de la Escom



Fuente: elaboración propia.

Como se observa, el estilo predominante es el visual [19].

Figura 11.7. Plataforma del Grupo de Investigación en la Enseñanza de la Física, donde los estudiantes accedieron para responder el test de estilos de aprendizaje



Fuente: <https://physics-education.tlamatiliztli.net/index.php>.

Secuencia didáctica: péndulo simple y conceptos físicos

A continuación se presenta la primera propuesta de secuencia didáctica, la cual consta de tres sesiones de aproximadamente 90 minutos cada una. Dicha secuencia se implementó durante el semestre B23 con estudiantes de

la Escom-IPN, de los cursos de Matemáticas Avanzadas y Ecuaciones Diferenciales, con el objetivo de calibrar e identificar áreas de mejora. Cabe señalar que el tema del péndulo simple forma parte del programa de los cursos, como ejemplo de aplicación de métodos matemáticos, y los estudiantes ya han llevado, a su vez, el curso de Física General.

Objetivos de aprendizaje:

- Comprender el concepto de péndulo simple y su relación con el movimiento armónico simple.
- Identificar y calcular el periodo, frecuencia y frecuencia angular de un péndulo simple.
- Aplicar la realidad aumentada para visualizar y comprender mejor el comportamiento del péndulo simple.

Recursos:

- Dispositivos con aplicaciones de realidad aumentada.
- Modelo virtual de un péndulo simple en realidad aumentada.
- Pizarrón o pantalla para presentaciones.
- Materiales de apoyo: ejemplos, gráficos y fórmulas.

Cuadro 11.1. *Secuencia didáctica*

<i>Núm. de sesión</i>	<i>Tema</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Actividades / Tiempo / Espacio</i>
1	Introducción	Comprender el concepto de péndulo simple y su relación con el movimiento armónico simple	<ul style="list-style-type: none"> • Breve explicación del péndulo simple, sus componentes y comportamiento / 20 min / Aula • Presentación de los conceptos de movimiento armónico simple, frecuencia, periodo y frecuencia angular / 30 min / Aula • Aplicación del test para medir sus respuestas antes del uso de la realidad aumentada (pretest) / 40 min / Aula
2	Uso de realidad aumentada	Aplicar la realidad aumentada para visualizar y comprender mejor el comportamiento del péndulo simple	<ul style="list-style-type: none"> • Introducción a la aplicación de realidad aumentada para visualizar un modelo virtual de un péndulo simple / 20 min / Aula-app APSRA • Demostración del movimiento del péndulo, mostrando cómo cambia la frecuencia al variar la longitud del péndulo o la gravedad / 20 min / Aula-app APSRA • Análisis visual de la relación entre el periodo, la frecuencia y la frecuencia angular a través de la experiencia en realidad aumentada / 50 min / Aula-app APSRA

Núm. de sesión	Tema	Objetivo	Actividades / Tiempo / Espacio
3	Aplicación práctica	Identificar y calcular el periodo, frecuencia y frecuencia angular de un péndulo simple	<ul style="list-style-type: none"> Cada grupo utiliza la realidad aumentada para interactuar con el péndulo virtual, midiendo y calculando el periodo, la frecuencia y la frecuencia angular para diferentes longitudes o condiciones iniciales / 30 min / Aula-app APSRA Evaluación nuevamente de test (postest) / 40 min / Aula Retroalimentación sobre el uso de la realidad aumentada como herramienta de aprendizaje / 20 min / Aula-app APSRA

Fuente: elaboración propia.

El pre/postest RA (*vid.* anexo B) consta de 10 reactivos de opción múltiple, y va enfocado a evaluar la evolución conceptual de los conceptos físicos involucrados en el péndulo simple, a partir de la implementación de la secuencia didáctica. Cabe señalar que dicho pre/postest RA será validado por jueces expertos: cuatro con formación en física, uno en física educativa y otro en filosofía de la ciencia. Los jueces expertos evaluarán: suficiencia, claridad, coherencia y relevancia para cada uno de los ítems, y la evaluación se hará mediante un instrumento implementado en un Google Forms.

Finalmente, para corroborar que ha habido ganancia conceptual, se utilizará la fórmula de la ganancia normalizada de Hake [22]:

$$\langle g \rangle = \frac{C_{pos}\% - C_{pre}\%}{100 - C_{pre}\%}$$

Conclusiones (preliminares)

Se llevó a cabo un primer análisis de las respuestas de los estudiantes al pre/postest RA (*vid.* anexo B). Para ello se ha considerado el trabajo de Moreira Greca [20], en el cual proponen métodos para el aprendizaje significativo a partir de un cambio conceptual. De acuerdo con la teoría del cambio conceptual, la concepción inicial que tienen los estudiantes podrá modificarse, a partir de un conjunto de acciones, quedando la concepción más estable [21]. En este sentido, a partir de la observación directa de las respuestas al pre/postest RA, se ha observado que las respuestas cambian, a partir de la implementación de la secuencia didáctica con RA, lo cual ha permitido

tener elementos para reestructurar la secuencia, sobre todo en la planeación de las actividades.

Cabe señalar que la investigación está en ciernes, por lo que no puede considerarse un análisis de resultados suficientemente robusto y objetivo, sin embargo, sí puede afirmarse que la RA representa una herramienta útil y efectiva para el aprendizaje de los conceptos físicos involucrados en el fenómeno del péndulo simple, sobre todo porque pudo despertar el interés de los estudiantes, dadas sus características como herramienta visual, vinculado al estilo de aprendizaje predominante en los estudiantes: visual. En este sentido, se han presentado a los estudiantes los fenómenos físicos desde un contexto distinto, a la vez que les ha permitido experimentar el fenómeno desde una perspectiva diferente a la tradicional.

Reconocimientos

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional por proporcionar los recursos para la realización del presente trabajo, el cual forma parte del Proyecto SIP-20231609: “La realidad aumentada como herramienta para la enseñanza del péndulo simple”.

Referencias

- [1] Medina Velandia, L. (2012). Tecnologías emergentes al servicio de la educación. En *Aprender y educar con las tecnologías del siglo XXI* (pp. 33-45). Colombia Digital. <https://cmap.javeriana.edu.co/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1KRS0DP7S1YWQ573-3CX>.
- [2] Delacote, G. (1997, junio). La realidad aumentada. *Perspectivas*, 27(2), 289-298. <https://unesdoc.unesco.org/images/0010/001098/109832sb.pdf#nameddest=109826>.
- [3] Flores Payan, S., Camacho Ríos, A., y Ontiveros Martínez, R. (2013). Análisis estadístico de las causas de reprobación desde la perspectiva del alumno de ingeniería del Instituto Tecnológico de Chihuahua II, Instituto Tecnológico de Chihuahua II, pp. 4-7. <http://www.chi.itesm.mx/investigacion/wp-content/uploads/2013/11/EDU42.pdf>.

- [4] Madrid Trejo, C. (2014). *Desarrollo de un sistema de realidad aumentada para el aprendizaje utilizando dispositivos móviles* [Tesis de maestría]. Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Computo, Instituto Politécnico Nacional, México.
- [5] Tippens, P. E. (2011). *Física: Conceptos y aplicaciones* (7ª ed.). McGraw-Hill. <http://jaymolino.com/wp-content/uploads/2016/08/Fisica-de-Tippens-ed7.pdf>.
- [6] Manuel, L. O. (2004, octubre). El péndulo maravilloso [Guía del maestro]. *Como ves?*, (71), 26. <https://www.comoves.unam.mx/números/guía/71>.
- [7] UNESCO. (s/f). Las TIC en la educación. UNESCO. <https://www.unesco.org/new/es/unesco/themes/icts/m4ed/>.
- [8] Duran, E. B. (2008). Experiencia de enseñanza adaptada al estilo de aprendizaje de los estudiantes en un curso de simulación. *Formación Universitaria*, 1(1), 19-28.
- [9] Cazau, P. (2001). *Estilos de aprendizaje: Generalidades*. <https://cursa.ihmc.us/rid=1R440PDZR-13G3T80-2W50/4.%20Pautas-paraevaluarEstilos-de-Aprendizajes.pdf>.
- [10] Pérez, M. G., Sánchez, V., y González, G. (2010). *Los estudiantes y los estilos de aprendizaje*. V Foro de Investigación Educativa. <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/3364>.
- [11] Smith, B. (2017, 25 de agosto). Augmented Reality: Where are We Now, and What does it Mean for Marketers? *Search Engine Land*. <https://searchengineland.com/augmented-reality-now-280884>.
- [12] Computational Lab. (2017). *Simple pendulum* [Aplicación]. University of Brawijaya, Malang, Indonesia. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.priantos.simplependulum&hl=es>.
- [13] Volodymyr Vovchenko (2016). *Pendulum studio* (versión 1.3.2) [Aplicación]. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vlvolad.pendulumstudio&hl=es>.
- [14] Vuforia. (s/f). <https://www.vuforia.com>.
- [15] Pérez Reyes, O. A. (2012). *Desarrollo de un simulador de tractocamiones utilizando un ambiente inmersivo 3D* [Tesis de maestría]. Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo, Instituto Politécnico Nacional, México. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/21681/Desarrollo%20de%20un%20simulador%20de%20tractocamiones%20utilizando%20un%20ambiente%20inmersivo%203D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [16] Valadez Huizar, M. (2009). Estilos de aprendizaje y estilos de pensamiento: Precisiones conceptuales. *Revista de Educación y Desarrollo*, (11), 19-30. https://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/antiores/11/011_Huizar.pdf.
- [17] O'Brien, L. (1990). Test para determinar el canal de aprendizaje de preferencia. <http://www.iafi.com.ar/pnl/ejercicios-pnl/test-canalpreferencia.pdf>.
- [18] Instituto Politécnico Nacional (IPN) (s/f). *Estadísticas de matriculación de alumnos*. IPN. <https://www.ipn.mx/ofertaeducativa/Paginas/Estadisticas.aspx>.
- [19] *Test de estilos de aprendizaje*. tt2017a027.tlamatiliztli.net.
- [20] Moreira, M. A., y Greca, I. M. (2003). Cambio conceptual: Análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciencia & Educacao*, 9(2), 301-315.

- [21] Mora, C., y Benítez, Y. (2007). Errores conceptuales sobre fuerza y su impacto en la enseñanza. *Revista Cubana de Física*, 24(1), 41-45.
- [22] Hake, R. 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), 64-74.

Anexos

Anexo A. Test para determinar el canal de aprendizaje de preferencia

Lynn O'Brien (1990)

Lea cuidadosamente cada oración y piense de qué manera se aplica a usted. En cada línea escriba el número que mejor describe su reacción a cada oración.

Casi siempre: 5 Frecuentemente: 4 A veces: 3 Rara vez: 2 Casi nunca: 1

1. Puedo recordar algo mejor si lo escribo.
2. Al leer, oigo las palabras en mi cabeza o leo en voz alta.
3. Necesito hablar las cosas para entenderlas mejor.
4. No me gusta leer o escuchar instrucciones, prefiero simplemente comenzar a hacer las cosas.
5. Puedo visualizar imágenes en mi cabeza.
6. Puedo estudiar mejor si escucho música.
7. Necesito recreos frecuentes cuando estudio.
8. Pienso mejor cuando tengo la libertad de moverme, estar sentado detrás de un escritorio no es para mí.
9. Tomo muchas notas de lo que leo y escucho.
10. Me ayuda MIRAR a la persona que está hablando. Me mantiene enfocado.
11. Se me hace difícil entender lo que una persona está diciendo si hay ruidos alrededor.
12. Prefiero que alguien me diga cómo tengo que hacer las cosas que leer las instrucciones.
13. Prefiero escuchar una conferencia o una grabación a leer un libro.

14. Cuando no puedo pensar en una palabra específica, uso mis manos y llamo al objeto “coso”.
15. Puedo seguir fácilmente a una persona que está hablando, aunque mi cabeza esté hacia abajo o me encuentre mirando por una ventana.
16. Es más fácil para mí hacer un trabajo en un lugar tranquilo.
17. Me resulta fácil entender mapas, tablas y gráficos.
18. Cuando comienzo un artículo o un libro, prefiero espiar la última página.
19. Recuerdo mejor lo que la gente dice que su aspecto.
20. Recuerdo mejor si estudio en voz alta con alguien.
21. Tomo notas, pero nunca vuelvo a releerlas.
22. Cuando estoy concentrado leyendo o escribiendo, la radio me molesta.
23. Me resulta difícil crear imágenes en mi cabeza.
24. Me resulta útil decir en voz alta las tareas que tengo para hacer.
25. Mi cuaderno y mi escritorio pueden verse un desastre, pero sé exactamente dónde está cada cosa.
26. Cuando estoy en un examen, puedo “ver” la página en el libro de textos y la respuesta.
27. No puedo recordar una broma lo suficiente para contarla luego.
28. Al aprender algo nuevo, prefiero escuchar la información, luego leer y luego hacerlo.
29. Me gusta completar una tarea antes de comenzar otra.
30. Uso mis dedos para contar y muevo los labios cuando leo.
31. No me gusta releer mi trabajo.
32. Cuando estoy tratando de recordar algo nuevo, por ejemplo, un número de teléfono me ayuda formarme una imagen mental para lograrlo.
33. Para obtener una nota extra, prefiero grabar un informe a escribirlo.
34. Fantaseo en clase.
35. Para obtener una calificación extra, prefiero crear un proyecto a escribir un informe.
36. Cuando tengo una gran idea, debo escribirla inmediatamente, o la olvido con facilidad.

Resultado del test del canal de aprendizaje de preferencia

Cuidadosamente transfiera los resultados en cada línea

1. _____	2. _____	4. _____
5. _____	3. _____	6. _____
9. _____	12. _____	7. _____
10. _____	13. _____	8. _____
11. _____	15. _____	14. _____
16. _____	19. _____	18. _____
17. _____	20. _____	21. _____
22. _____	23. _____	25. _____
26. _____	24. _____	30. _____
27. _____	28. _____	31. _____
32. _____	29. _____	34. _____
36. _____	33. _____	35. _____
Total visual: _____	Total auditivo: _____	Total kinestésico: _____

Total visual: _____

Total auditivo: _____

Total kinestésico: _____

Total de las 3 categorías: _____

Convierta cada categoría en un porcentaje

$$\text{Visual} = \frac{\text{puntaje visual}}{\text{Puntaje total}} = \text{_____} \%$$

$$\text{Auditivo} = \frac{\text{puntaje auditivo}}{\text{Puntaje total}} = \text{_____} \%$$

$$\text{Kinestésico} = \frac{\text{puntaje kinestésico}}{\text{Puntaje total}} = \text{_____} \%$$

Anexo B. Pre/postest de péndulo simple y conceptos físicos

Preguntas

1. *¿Qué es un péndulo simple?*
 - a) Un péndulo con múltiples hilos.
 - b) Un péndulo que oscila en dos dimensiones.
 - c) Un péndulo idealizado con una masa puntual suspendida de una cuerda inextensible y sin masa.
 - d) Un péndulo con movimiento caótico.

2. *¿Qué es el periodo de un péndulo simple?*
 - a) El tiempo que tarda en dar una oscilación completa.
 - b) La distancia máxima alcanzada por el péndulo.
 - c) La fuerza que actúa sobre el péndulo.
 - d) La velocidad angular del péndulo.

3. *La frecuencia de un péndulo simple se define como:*
 - a) El número de oscilaciones por unidad de tiempo.
 - b) La amplitud máxima alcanzada por el péndulo.
 - c) La longitud de la cuerda del péndulo.
 - d) La fuerza gravitacional que actúa sobre el péndulo.

4. *¿Cuál es la fórmula para calcular el periodo de un péndulo simple?*
 - a) $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$
 - b) $T = 2\pi\frac{L}{g}$
 - c) $T = \pi\sqrt{\frac{L}{g}}$
 - d) $T = 2\frac{L}{g}$

5. *La frecuencia angular de un péndulo simple se representa como:*

a) $\omega = \frac{2\pi}{T}$

b) $\omega = \frac{T}{2\pi}$

c) $\omega = 2\pi f$

d) $\omega = \frac{f}{2\pi}$

6. *¿Cómo afecta la longitud del péndulo simple al periodo?*

a) No tiene ningún efecto en el periodo.

b) A mayor longitud, mayor periodo.

c) A mayor longitud, menor periodo.

d) La longitud no afecta al periodo, solo a la frecuencia.

7. *El movimiento armónico simple se caracteriza por:*

a) Un movimiento caótico y desordenado.

b) Una aceleración constante.

c) Una trayectoria circular.

d) Una fuerza gravitacional variable.

8. *¿Qué representa la amplitud en el movimiento armónico simple?*

a) La distancia entre el punto de equilibrio y el extremo del movimiento.

b) La velocidad máxima alcanzada por el objeto.

c) La longitud total recorrida por el objeto.

d) La aceleración del objeto.

9. *¿Qué relación existe entre la frecuencia y el periodo en un movimiento armónico simple?*

a) Son inversamente proporcionales.

b) Son directamente proporcionales.

c) No tienen relación.

d) Depende de la masa del objeto en movimiento.

10. *¿Cuál es la aceleración en un movimiento armónico simple en el punto de equilibrio?*
- a) Máxima.
 - b) Nula.
 - c) Variable.
 - d) Igual a la velocidad angular.

Respuestas

- 1. c) Un péndulo idealizado con una masa puntual suspendida de una cuerda inextensible y sin masa.
- 2. a) El tiempo que tarda en dar una oscilación completa.
- 3. a) El número de oscilaciones por unidad de tiempo.
- 4. a) $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$
- 5. a) $\omega = \frac{2\pi}{T}$
- 6. b) A mayor longitud, mayor periodo.
- 7. b) Una aceleración constante.
- 8. a) La distancia entre el punto de equilibrio y el extremo del movimiento.
- 9. a) Son inversamente proporcionales.
- 10. b) Nula.

TERCERA PARTE

EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

12. Didáctica filosófica para el aprendizaje del concepto de masa y peso con niños de educación primaria

JUAN JOSÉ DEL CARMEN*

CÉSAR MORA**

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.12>

Resumen

La física es una ciencia tan maravillosa e importante en la vida del ser humano que es fundamental el aprendizaje de las teorías que la sustentan. Su estudio comienza desde que somos capaces de interactuar con nuestro entorno y se amplía y se refina en las aulas de clase. En la actualidad en las aulas de clase se ha puesto especial atención al proceso de enseñanza-aprendizaje, donde los estudiantes no solo sean receptores de conocimientos, sino que sean partícipes activos en el proceso, generando en el aula espacios de reflexión con el alumno como protagonista y agente activo de su aprendizaje [1]. En el presente artículo se presentan los resultados de investigación sobre la propuesta metodológica denominada “Didáctica filosófica para el aprendizaje del concepto de masa y peso con niños de educación primaria”, basada en dos propuestas didácticas que se fundamentan en la filosofía para crear espacios de reflexión y desarrollar habilidades de pensamiento crítico, creativo y valorativo-cuidadoso. Una de las propuestas es el Programa de Filosofía para Niños (FPN) desarrollada por Matthew Lipman [2], la otra propuesta fue desarrollada por David Sumiacher para la enseñanza de

* Maestro en Ciencias en Física. Profesor en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) No. 6 del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9527-130X>

** Doctor en Física. Profesor en el Posgrado en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6607-0429>

saberes [3]. Más adelante se muestran los resultados y las conclusiones de la aplicación de la propuesta.

Palabras clave: *didáctica filosófica, filosofía para niños, conceptos de masa y peso.*

Introducción

El concepto de masa y peso son muy importantes en el campo de la física, ya que se relacionan en un gran número de fenómenos y es necesario que se aprendan de manera correcta desde los niveles básicos de educación. En el libro de texto de Ciencias Naturales de tercer grado de primaria editado por la Dirección General de Materiales Educativos de la Secretaría de Educación Pública [4] de México, en el bloque III titulado: “¿Cómo son los materiales y sus interacciones?”, se define la masa como la cantidad de materia que contienen los objetos y que ocupa un lugar en el espacio, además se puede medir con una balanza, agregan también que la unidad más usada para medirla es el kilogramo (kg). Visto desde esta perspectiva parece ser un concepto fácil de comprender, sin embargo, la masa es mucho más que esta definición. Lo mismo aplica para el concepto de peso, que si bien es un concepto más restringido, es importante definirlo claramente, no solo en su significado sino en las implicaciones que tiene en la física.

Es por ello por lo que en el proceso educativo se buscan diversas metodologías de enseñanza que procuren un mejor entendimiento. En este sentido, en la presente investigación se retoman dos propuestas para la enseñanza de los conceptos de masa y peso, una es el programa de Filosofía para Niños, que tiene como propósito principal mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje poniendo al estudiante como protagonista en el desarrollo de lo que Lipman denomina pensamiento multidimensional, formado por el pensamiento crítico, pensamiento creativo y pensamiento valorativo-cuidadoso. Para identificar el desarrollo del pensamiento Lipman propone que el pensamiento crítico se exterioriza a través de las habilidades de razonamiento e indagación, el pensamiento creativo en las habilidades de indagación y formación de conceptos y el pensamiento cuidadoso y valorativo en

las habilidades de traducción/transferencia [2]; estas habilidades pueden ser identificadas en las participaciones verbales de los estudiantes en los diálogos de clase.

Por otro lado, es importante aclarar que esta metodología no se ha utilizado para enseñar ciencias, por lo que se utilizó también la propuesta de David Sumiacher que retoma el programa FPN y lo adecua para enseñar saberes. A continuación se resumen ambas propuestas y posteriormente la didáctica filosófica para el aprendizaje del concepto de masa y peso, los resultados de su puesta en práctica y las conclusiones de la investigación.

Programa de filosofía para niños y didáctica filosófica para enseñar saberes

El objetivo principal que persigue el FPN [5] es llevar a los estudiantes a pensar por sí mismos de manera independiente, creativa, reflexiva, lógica y coherente para lograr en ellos el pensamiento multidimensional a través del desarrollo de habilidades de pensamiento, de manera que la construyan de conceptos y sepan distinguir significados en diversos contextos; también busca propiciar que los estudiantes participen en comunidades de diálogo para explorar de manera cooperativa diferentes valores y sustenten sus participaciones en diálogos filosóficos con el objetivo de ser críticos y mejorar la emisión de juicios para tomar buenas decisiones, así como generar un aprendizaje altamente significativo de acuerdo con Ausubel [6].

Los pasos para aplicar el FPN en el aula pueden resumirse como sigue [7]:

1. En el aula de clase se dispone a los estudiantes en un círculo.
2. Se lee un capítulo de la novela preparada. De acuerdo con el tema a tratar, Lipman escribió un currículo compuesto por una serie de novelas y manuales dependiendo de la edad de los niños [8].
3. Se pide a los estudiantes que formulen preguntas que hayan surgido a partir de escuchar la lectura.
4. Las preguntas generadas se escriben en el pizarrón con el nombre del estudiante y si es posible se anota la línea de la lectura de donde sur-

- ge el cuestionamiento. Estas preguntas se convierten en el tema de diálogo en la comunidad de investigación.
5. Una vez que se han escrito todas las preguntas se elige de manera democrática una para comenzar el diálogo filosófico que Lipman llama comunidad de indagación o comunidad de investigación. Cabe mencionar que el rumbo de la discusión se lleva democráticamente, es decir, el grupo decide hacia dónde va.
 6. Para seguir el diálogo filosófico el profesor puede apoyarse en ejercicios previamente estudiados con las lecturas y manuales, documentos, trabajos complementarios, etcétera.
 7. Al término de la comunidad de investigación, los estudiantes pueden escribir o comentar un resumen de lo que han debatido.

Respecto a la didáctica filosófica propuesta por David Sumiacher, él propone una metodología para enseñar contenidos basada en el programa de Filosofía para Niños de Lipman [3]. Esta propuesta muestra la posibilidad de enseñar saberes al mismo tiempo que se realiza un trabajo filosófico y se desarrolla el aprendizaje significativo. La didáctica filosófica de Sumiacher se fundamenta en tres partes, la primera corresponde a la forma de entender el saber, la segunda es la práctica filosófica y la tercera es la relación entre las dos primeras. El saber implica lo que cada persona piensa para dar respuesta a sus propias preguntas utilizando la memoria o recuerdos y su conexión con la realidad. Por otro lado está el saber que se desarrolla durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, donde se da sentido del saber al conectarlo lógicamente con los fenómenos de nuestro entorno o con los experimentos que se proponen, de esta manera se sitúa y se hace un uso adecuado del saber. Respecto a la práctica filosófica, esta busca un efecto particular en los participantes a partir de la interacción en la comunidad de investigación, donde los estudiantes se escuchan con respeto y se construyen ideas sobre las ideas de otros sustentando y razonando hasta lograr un pensamiento propio. Durante la práctica filosófica el profesor debe adoptar un estilo problematizador de tal manera que los estudiantes puedan tomar decisiones y realizar inferencias para ampliar el pensamiento. En este sentido, Sumiacher retoma la propuesta de Filosofía para Niños de Lipman y la relaciona con la enseñanza de contenidos. La tercera parte en que se funda-

menta la didáctica filosófica es, pues, el vínculo entre los contenidos a enseñar y la práctica filosófica como instrumento. Como se ha mencionado, Sumiacher retoma el FPN, con la diferencia de que el rumbo de la comunidad de investigación no es democrático, sino que el profesor es quien propone el rumbo con la finalidad de enseñar un saber. Proponer no como un sinónimo de imponer, sino es la búsqueda que debe realizar el profesor para dar cuenta de la utilidad del saber, su valor y su correcta afirmación de la utilidad en el mundo.

Los pasos en que se puede resumir la didáctica filosófica para enseñar saberes son los siguientes:

- a) Se realiza el desglose analítico del saber a enseñar.
- b) Se acota el contenido puntualizando lo que se debe tratar y se ajusta al tiempo de clase.
- c) Se comienza la comunidad de investigación en el mismo sentido del FPN. Cabe aclarar que el rumbo del diálogo lo dirige el profesor enlazando las participaciones de los estudiantes con el desglose analítico.

Respecto al recurso utilizado para iniciar la práctica filosófica, en lugar de la lectura de las novelas escritas por Lipman, se utiliza un recurso como material detonante. Dicho material puede ser una explicación o descripción, puede ser cualquier recurso narrativo, un juego, anécdota, obra de arte, otra clase, etc., que motive al estudiante a que se exprese en el grupo.

El diálogo se construye en dos coordenadas de acuerdo con Sumiacher. Por un lado, se debe atender el libre interés de los estudiantes, escuchándolos y dando el debido interés a sus participaciones, y el otro es el trazo de puentes con los saberes que se desean enseñar, realizando preguntas basadas en la correcta escucha para construir pensamientos entre todos.

Cuando el diálogo esté en un punto en el que se haya reflexionado sobre el tema de clase y se hayan realizado los enlaces pertinentes el profesor hará una pausa para explicar el tema.

Para finalizar, en el cierre los alumnos realizan una participación verbal o escriben un texto que resuma lo que aprendieron.

Propuesta didáctica para el aprendizaje del concepto de masa y peso con niños de educación primaria

Secuencia didáctica

Se desarrolló una investigación tomando como base la didáctica filosófica para enseñar saberes y así diseñar una secuencia didáctica que se desarrolla en el aula como una práctica filosófica que denominamos “Didáctica filosófica para la enseñanza de masa y peso”. La investigación fue desarrollada en el Colegio privado Decroly, que fue fundado en 1996 y está ubicado en la localidad de Chipiltepec, en el municipio de Acolman, en el Estado de México. Proporciona educación en seis niveles e incluye dentro de su currículo clases de inglés, natación, robótica, artes y el deporte como complemento a la disciplina educativa. De acuerdo con los directivos de esta institución las actividades extracurriculares son un complemento que coadyuva al aprendizaje de saberes como parte integral de la educación de sus estudiantes. Dentro de las acciones encaminadas que realiza el colegio está la asistencia de los profesores a cursos de actualización docente sobre metodologías de enseñanza y planeación didáctica, así mismo participan en las sesiones de Consejo Técnico Escolar promovidas por el Gobierno de México, a través de la Secretaría de Educación Pública [9].

Para la investigación se seleccionaron de manera no aleatoria dos grupos que fueron asignados por los directivos del colegio Decroly, en donde se trabajó la propuesta didáctica sin grupo de control. Cabe mencionar que adicionalmente se asesoró al grupo de profesores del colegio con la finalidad de dar a conocer la metodología previamente a su aplicación.

Los dos grupos seleccionados no estaban familiarizados con el Programa de Filosofía para Niños, sin embargo, los directivos de la institución aclararon que los profesores utilizan diversas metodologías que promueven la reflexión durante las clases, también aclaran que se promueve el diálogo libre entre profesores y alumnos. El grupo 1 estuvo formado por 13 alumnos de tercer grado, y el grupo 2 por 12 alumnos de cuarto grado; las edades promedio de los estudiantes están entre nueve a 11 años y se considera su nivel socioeconómico medio. La práctica filosófica se realizó en el propio salón de clase de cada grupo al principio del año escolar.

La secuencia didáctica para la aplicación de la práctica filosófica en el aula consta de las siguientes partes:

- **Objetivo de la práctica filosófica.** Aprendizaje de los conceptos de masa y peso.
- **Tiempo total de la práctica filosófica.** 60 min.
- **Material detonante del diálogo filosófico.** Cuento de autoría propia tomando las recomendaciones de Montes [10], titulado “Mi sueño, una gran aventura”.

Mi sueño, una gran aventura

Axel despertó con una gran sonrisa, estaba muy contento por el sueño que había tenido, en él se convirtió en un superhumano. Soñó que iba corriendo en un bosque y de repente se encontró con un tiranosaurio gigante que se lo quería comer. Arrrrggggg, rugía el Trex, entonces Axel se escondió en una cueva donde había diversas frutas que se veían exquisitas, así que decidió comerlas y cada vez que comía una se hacía más grande. También había trozos de hierro y los utilizó para hacer rápidamente una armadura que lo hizo ser más pesado. Ahora con esa gran cantidad de frutas y de armadura podía hacer frente al Trex, así que salió y lo derrotó de un gran golpe. Después se quitó la armadura y le volvió a dar hambre pues había consumido toda la energía que le dieron las frutas, por lo que se hizo nuevamente pequeño. Necesitaba salir de ese bosque y encontró un globo aerostático que estaba desinflado. Entonces encendió el ventilador y se llenó de aire, pero no volaba. Tenía que calentar el aire, así lo hizo y el globo comenzó a elevarse. Finalmente, Axel salió del bosque y despertó.

- **Desglose analítico de los conceptos de masa y peso.**
 - ◻ El peso es la fuerza sobre un objeto debida a la gravedad [11].
 - ◻ El peso de un objeto en la tierra se determina multiplicando la masa del objeto por la fuerza de gravedad.
 - ◻ El peso es una fuerza que expresa fuerza con la que nuestro planeta atrae a los cuerpos, eso significa que en otros planetas el peso del mismo objeto sería diferente debido a que la gravedad también es diferente.
 - ◻ La unidad de medida del peso es en Newtons.
 - ◻ La cantidad de material que contienen los objetos se conoce como masa. Para determinar la masa de los objetos se utiliza la balanza [4].
 - ◻ Al comparar objetos del mismo material, se puede saber cuál tiene mayor masa por su tamaño.

- La unidad más usada para medir la masa es el kilogramo (kg).
- Para determinar la cantidad de masa se compara la masa del objeto que se desconoce con otro de masa conocida al que se le llama patrón.
- La masa de un objeto no depende de su forma, ya que podemos tener dos objetos de diferente forma, pero con igual masa. También, al comparar objetos de diferentes tamaños, observaste que los más grandes no siempre tienen más masa, sino que esto depende del tipo de material del que están hechos.
- Es la noción intuitiva de peso y se podría decir que algo pesa mucho cuando tienen mucha materia [11].
- Es una medida de la inercia de un objeto material u oposición que muestra un objeto en respuesta a algún esfuerzo para ponerlo en movimiento, detenerlo o cambiar de cualquier forma su estado de movimiento.
- Es la cantidad de materia en un objeto.
- La masa es una cantidad fundamental.
- La unidad de medida de la masa es en kilogramos (kg).
- La masa es una medida de la resistencia a acelerar un objeto. Conforme un objeto tenga más masa, será más difícil acelerarlo, es decir, hay una relación inversa entre la aceleración y la cantidad de masa.
- En ausencia de aceleración la masa y peso son directamente proporcionales.
- La relación entre peso y masa en objetos que caen libremente es igual a la constante g .
- La masa de un objeto surge de su densidad y su corpulencia [12].
- La masa es una forma de energía.
- Prácticamente toda la materia que se ve está compuesta de quarks y leptones, que son partículas elementales indivisibles.
- La masa de un cuerpo codifica al movimiento de este.
- Es una cantidad invariante.
- La masa actúa en una multitud de fenómenos, por ejemplo: funge como cantidad de inercia, como carga gravitacional y como manifestación de energía.

- ◻ Cuando las partículas tratan de viajar por el universo se encuentran con el campo de Higgs, adquiriendo automáticamente masa, inercia, resistencia a las fuerzas, y gravedad [13].
 - ◻ La masa del fotón es nula.
 - ◻ Los átomos están formados por electrones, protones, neutrones.
 - ◻ Los neutrones y protones están formados por quarks [14].
 - ◻ Las sustancias están hechas de moléculas [15].
 - ◻ Las moléculas están compuestas de átomos.
- **Plan de acción para la realización de la práctica filosófica en el aula.**
 - ◻ *Inicio:* Se da la bienvenida a la clase y se explica cómo se llevará a cabo la práctica filosófica y el tema principal que es la masa y el peso.
 - Se reparten dos trozos de papel. En uno escribirán su nombre y en el otro una pregunta que derivará de la historia que se lee.
 - El profesor lee la historia procurando cuidar la tonalidad, imitar voces y gesticular con las manos y cara con la finalidad de dar emoción y atraer la atención de los estudiantes.
 - Se pide a los estudiantes que escriban en los trozos de papel lo indicado y se colocan en dos urnas diferentes, de manera que se puedan seleccionar aleatoriamente.
 - Es necesario hacer notar a los estudiantes que la pregunta es libre pero acerca de la lectura. Una vez leída la pregunta, el profesor debe encauzarla en el diálogo enlazándola con el contenido analítico de los conceptos de masa y peso.
 - ◻ *Desarrollo:* En este punto se comienza la comunidad de investigación, para ello se toma una de las preguntas escritas por los estudiantes y se lee. Después se pregunta a los estudiantes si alguien desea contestarla, si no hubiera voluntarios se toma un papel de la urna de nombres para seleccionar a un alumno al azar. Con las preguntas y las respuestas de los estudiantes se mantiene un diálogo libre y no lineal, yendo de un pensamiento a otro, pero tratando que en cada participación verbal se sustente cada vez con mayor rigor. Cuando se haya reflexionado sobre el tema de clase y

se hayan realizado los enlaces pertinentes, el profesor hará una pausa para explicar el tema.

- Respecto al *cierre*, unos minutos antes de finalizar la práctica filosófica se pide a los estudiantes que comenten lo que aprendieron, lo que faltó discutir o de lo que todavía tienen duda, para que sirva como detonante de la próxima comunidad de investigación.

Aplicación de la práctica filosófica denominada “Didáctica filosófica para la enseñanza de masa y peso”

La realización de la práctica filosófica con los grupos experimentales se llevó a cabo en las aulas del colegio Decroly de manera presencial y con las medidas sanitarias derivadas de la pandemia por covid-19, por lo que se tuvo sana distancia y solo hubo interacción verbal. Para la puesta en marcha se siguieron los pasos descritos anteriormente y se realizó una grabación de la práctica para su posterior transcripción y análisis por medio de rúbricas para la medición del aprendizaje de los conceptos de masa y peso.

Instrumentos de evaluación

El instrumento de evaluación que se utilizó para la medición del aprendizaje del concepto de masa y peso a partir del análisis de las participaciones verbales de los estudiantes se construyó conforme las siguientes actividades:

1. Respecto a los criterios de evaluación se consultaron las siguientes referencias: Cázares [16] indica formas de evaluación y criterios.
2. Se identificaron las habilidades de pensamiento que reflejan aprendizaje. Al respecto se puede consultar a Almansa [17], acerca de las características del pensamiento creativo, y Echeverría [2] proporciona información referente a la identificación de habilidades de pensamiento crítico, creativo y valorativo.
3. Se revisó la propuesta de Hernández *et al.* [18], que propone un conjunto de competencias de pensamiento creativo. Así mismo Sátiro y

De Puig [19] proponen un conjunto de habilidades en educación primaria.

4. Se trabajó junto con el Centro Educativo para la Creación Autónoma en Prácticas Filosóficas (CECAPFI) para validar en la elaboración de la rúbrica de evaluación.

Los elementos considerados en el análisis del instrumento de evaluación fueron los siguientes:

- **Variable a medir.** Se mide el aprendizaje del concepto de masa y peso a través de las manifestaciones de habilidades de pensamiento crítico.
- **Niveles de dominio.** Se categorizaron cuatro niveles para establecer el nivel de acuerdo con el desarrollo cognoscitivo.
 - *Nivel 1: En desarrollo.* La participación verbal del estudiante se refiere a una afirmación sensorial.
 - *Nivel 2: Básico.* La participación verbal del estudiante ofrece una afirmación que proviene de los sentidos y además realiza un razonamiento.
 - *Nivel 3: Satisfactorio.* Da un punto de vista razonado que relaciona varios significados o expresa un cambio de perspectiva. La participación verbal muestra el punto de vista propio.
 - *Nivel 4: Altamente satisfactorio.* Da una afirmación basada en un razonamiento complejo y Reconoce un enriquecimiento desde la perspectiva de la discusión del grupo.
- **Muestra.** Se aplica el instrumento a cada una de las participaciones verbales de los estudiantes que participaron en el diálogo de la comunidad de investigación en la práctica filosófica.
- **Condiciones de aplicación del instrumento.** Se aplica el instrumento a cada una de las participaciones verbales que se relacionan con los conceptos de masa y peso.
- **Objetividad del instrumento.** Para lograr la mayor confiabilidad en la evaluación se identificaron las habilidades desarrolladas en el diálogo y se evalúa respecto a criterios previamente establecidos por expertos en el tema.

- **Recursos.** Se utilizó *software* informático para registrar los datos cuantitativos.

El cuadro 12.1 muestra la rúbrica para evaluar el aprendizaje del concepto de masa y peso a través de las manifestaciones de uso de criterios en las habilidades razonamiento en el pensamiento crítico.

Cuadro 12.1. *Rúbrica de evaluación del aprendizaje del concepto de masa y peso*

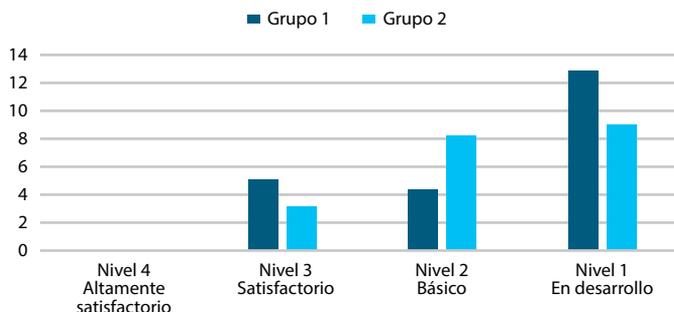
Indicadores de habilidades de pensamiento crítico manifestadas por el uso de criterios	<ul style="list-style-type: none"> • Hace inferencia adecuada • Supone • Piensa hipotéticamente • Busca criterios • Da razones • Relaciona causa-efecto
Nivel 4: Altamente satisfactorio	<ul style="list-style-type: none"> • Apela al uso de normas, reglas, regulaciones, cánones y estándares • Hace uso de comparaciones, propiedades, características, preceptos, especificaciones, estipulaciones o limitaciones del tema en cuestión • Analiza los puntos de vista o los marcos de referencia en que se apoya una idea • Se apoya en afirmaciones comprobadas. Realiza pruebas para obtener datos empíricos
Nivel 3: Satisfactorio	<ul style="list-style-type: none"> • Usa adecuadamente normas, reglas, preceptos o características provenientes de conocimientos adquiridos en clase o hace referencia a documentos científicos o notas de clase, limitaciones del tema para apoyar una idea propia
Nivel 2: Básico	<ul style="list-style-type: none"> • Hace uso de propiedades o características provenientes de conocimientos adquiridos en clase o hace referencia a documentos científicos o notas de clase al explicar o participar verbalmente
Nivel 1: En desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Hace uso de propiedades o características provenientes de su propia experiencia al explicar o participar verbalmente • Su respuesta es espontánea basándose en criterios propios

Fuente: elaboración propia.

Resultados de la investigación

Los resultados de la investigación obtenidos a través del análisis de las transcripciones de diálogo de la comunidad de investigación en las prácticas filosóficas de los dos grupos experimentales respecto al aprendizaje de los conceptos de masa y peso se muestran en la figura 12.1 medidos a través de las manifestaciones de uso de criterios en la habilidad de razonamiento como evidencia del pensamiento crítico.

Figura 12.1. Resultados de dominio del aprendizaje del concepto de masa y peso



Fuente: elaboración propia.

La gráfica de la figura 12.1 se obtuvo aplicando la rúbrica de evaluación a cada una de las participaciones verbales de los estudiantes. Los resultados obtenidos indican que la mayoría de las participaciones verbales se encuentra en el nivel 1 “En desarrollo”, dado que se observa que sus respuestas no están fundamentadas en criterios o utilizan solo sus ideas previas, por otro lado, en las participaciones de nivel 2 “Básico”, los estudiantes realizan un mayor esfuerzo por sustentar sus participaciones y las de nivel 3 además apoyan su idea con preceptos, reglas o en las notas de clase. El hecho de que se hayan tenido mayores participaciones ubicadas en un nivel 1 en desarrollo es debido a que al iniciar el diálogo las respuestas a las preguntas son espontáneas sin necesidad de querer profundizar en ellas, sin embargo, conforme se avanza en la comunidad de investigación y con los entrelazamientos con la información del desglose analítico se va solicitando que los estudiantes hagan uso de criterios para sustentar sus ideas, esto hace que se esfuercen por comprender lo que se dice y, aún más importante, que tengan dudas que deseen resolver con la verdad.

Conclusiones

En la elaboración de preguntas en el comienzo de la práctica filosófica los estudiantes escribieron preguntas muy variadas, algunas eran muy simples esperando que el lector comprendiera lo que el alumno quería preguntar,

otras eran relacionadas con por qué pasaba cierto suceso del cuento, como si les pareciera incoherente o falta de necesidad que ocurriera un evento en el cuento, otras más eran para solicitar que se esclarezca algún fenómeno que sucedió. Este hecho permite concluir que es necesario escuchar a los estudiantes durante las clases, puesto que así el profesor se puede percatar de los intereses de los niños y niñas y luego podrá entrelazar los comentarios con el tema de la clase. Es decir, es necesario atender las necesidades de búsqueda de la verdad de los niños y niñas. En este sentido, la propuesta de la Didáctica filosófica obtiene relevancia en tanto que, al tener un buen desglose analítico del tema, será más fácil para el docente relacionar aquello que está deseoso de saber el alumno, con el tema en cuestión y el alumno participa activamente en su aprendizaje, dejando de lado la enseñanza tradicional, donde el alumno solo es el receptor.

En cuanto al aprendizaje de los conceptos de masa y peso medido a través del pensamiento crítico e identificado por medio de la manifestación de uso de criterios en la habilidad de razonamiento se observa que los estudiantes mejoran sus participaciones conforme avanza la comunidad de investigación.

Como se observa en la gráfica de la figura 12.1, el nivel satisfactorio indica que los estudiantes pudieron apelar al uso de normas, reglas, regulaciones, cánones o estándares en un marco de referencia donde ellos retoman lo que se explica para reforzar sus ideas. En el caso del nivel Básico los estudiantes lograron usar adecuadamente los conocimientos adquiridos durante la comunidad de investigación donde tratan de pensar antes de participar y se apoyan en sus recuerdos de otras clases y en las participaciones de sus compañeros, finalmente en el nivel En desarrollo los estudiantes hacen uso de su propia experiencia o responden de manera espontánea sin analizar sus palabras.

Agradecimientos

Agradezco a los profesores del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, unidad Legaria, por su gran esfuerzo e interés en el presente trabajo de investigación. También quiero expresar mi sincero agra-

decimiento al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) por su apoyo y patrocinio en la realización de la presente investigación sobre la Didáctica de los conceptos de masa y peso con niños de educación primaria. De igual manera agradezco profundamente al Colegio Decroly, ubicado en la comunidad de Chipiltepec, en el municipio de Acolman, en el Estado de México, por permitir realizar el estudio con su comunidad estudiantil. Finalmente agradezco al Instituto Politécnico Nacional, que me ha dado una vida profesional y cultural para amar profundamente a mi esposa Claudia y mis hijos Axel y William.

Referencias

- [1] Maquilon, J. J., Sánchez, M., y Cuesta, J. D. (2016). Enseñar y aprender en las aulas de educación primaria. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 18, 144-155.
- [2] Echeverría, E. (2006). *Filosofía para niños*. Ediciones SM.
- [3] Alonso, A. (2016). *Filosofía con niños y adolescentes*. UNAM.
- [4] Cervera, N. et al. (2019). *Ciencias naturales: Tercer grado*. Secretaría de Educación Pública, Dirección General de Materiales Educativos.
- [5] Valle, S. (2008). Aportes de la filosofía para/con los niños a la enseñanza y el aprendizaje, en la EGB y el Polimodal. *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Jujuy*, (34), 91-101.
- [6] Rodríguez, M. (2004). *La teoría del aprendizaje significativo*. Centro de Educación a Distancia (CEAD).
- [7] Tebar Belmonte, L. (2005). Filosofía para niños de Mathew Lipman: Un análisis crítico y aportaciones metodológicas, a partir del Programa de Enriquecimiento Instrumental del profesor Reuven Feuerstein, Indivisa. *Boletín de Estudios e Investigación*, 6, 103-116.
- [8] Kohan, W., y Waksman, V. (2000). *Filosofía con niños: Aportes para el trabajo en clase*. Novedades Educativas.
- [9] Secretaría de Educación Pública (SEP) (2018). ¿Sabes qué es el Consejo Técnico Escolar (CTE)? SEP. <https://www.gob.mx/sep/articulos/sabes-que-es-el-consejo-tecnicoescolar-cte?idiom=es>.
- [10] Montes, M. (2019). Cómo escribir un cuento infantil. *Babidubi*. <https://www.babidubilibros.com/blog/10-ideas-para-escribir-cuento-infantil>.
- [11] Hewitt, P. (2007). *Física conceptual* (10ª ed.). Pearson.
- [12] Vaquera Araujo, C. A., y Napsuciale Mendivil, M. (2009). Física de partículas y el origen de la masa. *Acta Universitaria*, 19, 36-40.
- [13] Martínez, R. (2012). El Higgs: La partícula de Dios. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 36, 287-291.

- [14] Serway, R. A., y Vuille, C. (2012). *College physics* (vol. 1). Cengage Learning.
- [15] Raviolo, A. (2008). Las definiciones de conceptos químicos básicos en textos de secundaria. *Educación Química*, 19, 315-322.
- [16] Cazares, L. (2014). *Imbricar filosofía para niños y jóvenes en los centros escolares*. Octaedro.
- [17] Almansa, P. (2012). Qué es el pensamiento creativo. *Index de Enfermería*, 21(3), 165-168.
- [18] Hernández Jaime, J., Jiménez Galán, Y. I., y Rodríguez Flores, E. (2018). Desarrollo de competencias de pensamiento creativo y práctico para iniciar un plan de negocio: Diseño de evidencias de aprendizaje. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 9, 314-342.
- [19] Satiro, A., y De Puig, I. (2011). *Proyecto NORIA infantil y primaria*. Octaedro.

13. Diseño, revisión, validación y evaluación de un caso vinculante de física e ingeniería

LUIS JORGE BENÍTEZ BARAJAS*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.13>

Resumen

Se presenta la primera fase de la investigación, cuyo objetivo es diseñar un caso relacionado con la ingeniería de forma sistematizada y responder a la pregunta: ¿cómo construir, revisar, validar y evaluar un caso que involucre tópicos de física? El caso considerado es el del colapso de la línea dorada del metropolitano de la Ciudad de México. El proceso de diseño del caso consistió en la siguiente estructura: antecedentes, situación y prospectiva; validación por jueces expertos, de las dimensiones: claridad, coherencia, relevancia y suficiencia, para cada parte del caso; cálculo del estadístico de Aiken y triangulación de datos; y pilotaje por evaluación de alumnos de las mismas dimensiones. La metodología utilizada en la indagación es cualitativa. La investigación se llevó a cabo en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional.

Palabras clave: *método del caso, ley de Hooke, ingeniería, física, diseño de un caso.*

* Doctor en Ciencias de la Arquitectura. Profesor-investigador en la Sección de Estudios de Posgrado de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA), unidad Tecamachalco, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4038-8623>

Introducción

Según Malavé [1], existen dificultades que afrontan los estudiantes de Ingeniería en el Aprendizaje de Física, como la comprensión conceptual y de principios de física. También, según Brenzini y Martínez [2], los efectos de la falta de comprensión de estos principios en los estudiantes provoca deficiencia en la adquisición de competencias interpretativas y de análisis conceptual-teórico, y con ello deficiencias en la aplicación efectiva de conocimientos durante la resolución circunstancial de problemas prácticos. Un ejemplo *ad hoc* de acuerdo con el Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM) [3] es el colapso del tramo de la línea 12 del metropolitano de la Ciudad de México; en su tramo Tezonco-Olivos, columnas 12 y 13, acontecido el día 3 de mayo de 2021, AGN [4]. Además, la falta de comprensión de “conceptos físicos nucleares”¹ es uno de los factores que genera mala ejecución de proyectos de estructuras ingenieriles. Para DNV [5] esta es una de las causas generatrices en fallas de diseño, construcción y planeación en diversas obras civiles y arquitectónicas. Sin embargo, para Luna [6] y Manpower [7] este problema trae consigo también la falta de confiabilidad de egresados de escuelas superiores, las cuales avalan la adquisición de competencias genéricas y específicas, según sus planes y programas de estudio, abocadas a un diseño curricular que satisfaga la demanda social, empresarial y tecnológica. Por lo tanto, se propone explorar e implementar la metodología educativa de “análisis de caso”, y con ello no solo generar conexión entre la física como disciplina y por consiguiente con las ingenierías, también indagar la eficacia del “método de caso” para la mejora de comprensión conceptual y de argumentación de principios de física en alumnos inmersos en aprendizaje de mecánica estructural.

Así pues, la relevancia de este trabajo de investigación radica en inquirir y generar conocimiento en relación con el fenómeno: comprensión y aplicación de la física a la ingeniería, y con ello se pretende mitigar las consecuencias que se derivan de la falta de comprensión de principios de

¹ “Conceptos físicos nucleares” designa al conjunto de principios o leyes que sustentan las teorías que dan razón científica de la noción de fuerza como trabajo al deformarse la materia, Carcavilla [8].

física en el aprendizaje de tópicos de mecánica estructural, como falta de empleabilidad de egresados universitarios, lo cual según Manpower [7] y QS [9] no solo afecta la economía de las sociedades, también puede evitar pérdida de recursos materiales y de vidas humanas, por colapsos estructurales en obras civiles y arquitectónicas. Además, el método del caso probablemente podría aumentar la construcción conceptual apegada a la realidad; también a través del diálogo fundamentado podría disminuir la distorsión conceptual por preconceptos imaginarios. Como aspecto de la metodología del caso, este promueve la comunicación entre actores del proceso enseñanza-aprendizaje y con ello aumentan las estrategias para la solución certera de problemas, eventualmente reduce el aprendizaje mecanizado y poco reflexivo.

Objetivos de la investigación

El objetivo general es describir y analizar el proceso sistemático de diseño de un caso aplicable a cursos de estructuras del área de la física, en estudios profesionales. El objetivo específico de la investigación es implementar el proceso de diseño del caso para verificar su viabilidad en ingenierías, considerando como muestra la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional en México y como caso de estudio considerado, el del colapso de la línea dorada del metropolitano de la Ciudad de México; lo anterior puede resultar útil para desarrollar una segunda etapa de investigación en la cual se genere diseño didáctico e instrumentos de evaluación de aprendizajes al vincular el caso diseñado con la metodología del caso como estrategia didáctica.

Metodología

La indagación parte de un enfoque cualitativo, en el que se llevó a cabo un proceso descriptivo analítico del diseño del caso: “Física ignorada como insuficiencia de diseño colapso línea Dorada del Metro”; esto para dar respuesta a la pregunta: ¿cómo diseñar un caso que involucre tópicos de física?;

En el proceso del diseño del caso se realizó una lectura de los siguientes casos: Decodificando el ADN del sistema de producción de Toyota, ver caso [10]; Elephant Pumps, ver caso [11]; California Products, ver caso [12]; revisión de peritajes y contexto del accidente, DNV [5]; redacción del primer borrador del caso; discusión entre pares a través de un blog en Wordpress, en el cual se registraron 16 hilos de discusión en relación con el caso, Wordpress [13]; ajustes y reestructuración del caso; validación del caso por jueceo de expertos y evaluación de estudiantes, adaptado de Escobar y Cuervo [14]. Lo anterior con la siguiente estructura según HBS [15], Harvard [16] y DNV [5]: causa necesaria, causa raíz, causa inmediata, prevención, aplicación metódica de técnica de análisis causal sistemático basado en barreras y método de procesamiento de evidencia (*vid.* cuadro 13.1, fases 1 y 2). Como resultado del diseño del caso se podría derivar una segunda etapa complementaria de metodología cuantitativa, y verificar “¿cómo los alumnos modifican la comprensión de conceptos de física relacionados con la ley de Hooke, a través del aprendizaje mediado por el método del caso?”. Y al implementar “metodología mixta”, los actores involucrados podrán dar razón del ser conceptual y generarán participación activa, diálogo y crítica del conocimiento; sin embargo, el reto es tener *a priori* un caso para ingeniería diseñado sistemáticamente (*vid.* cuadro 13.1, fase 3).

Cuadro 13.1. *Corrientes teóricas que soportan metodología y pregunta de investigación*

<i>Fase 1: Didáctica</i>	<i>Fase 2: Objeto de estudio</i>	<i>Fase 3: Prueba</i>
A. Metodología educativa análisis (casos): <ul style="list-style-type: none"> • Leer, escribir y discutir casos de estudio, escuela de negocios de Harvard • Aprender método de caso Harvard Press B. Métodos sistemáticos de procesamiento de evidencia y técnica de análisis causal sistemático basado en barreras: <ul style="list-style-type: none"> • Der Norske Veritas, Inc. C. Modelos educativos: <ul style="list-style-type: none"> • Constructivismo, estructuralismo y educación 4.0 	<i>Mecánica estructural</i> <ul style="list-style-type: none"> A. Tres leyes del movimiento de Newton B. Ley de la elasticidad y ecuación de la deformación: <ul style="list-style-type: none"> • Hooke, Euler, Laplace, Módulo elástico, Young C. Cálculo estructural elástico: <ul style="list-style-type: none"> • Estática estructural 	<i>Diseño, revisión, validación, evaluación e indagación</i> <ul style="list-style-type: none"> A. Trabajo de caso B. Comprensión conceptual lectora C. Argumentación discursiva escrita D. Estadística descriptiva y correlaciones

Fuente: elaboración propia.

La física involucrada en tres tipos de deformación en estructuras

Según la FGJ [17], Belfort [18] y la SGIRYPC [19] el caso del colapso de la línea dorada implicó falta de comprensión y aplicación de las leyes del movimiento de Newton: a toda acción hay una reacción, a toda causa un efecto, a una fuerza un trabajo, a una carga un esfuerzo, a un esfuerzo una fatiga, a una fatiga una deformación, a una deformación una disfunción y a una disfunción un colapso, DNV [5] y Cusba [20]. Aunado a estas condiciones, Viadas [21] comenta como factores causales la presencia en las dos vigas de carga del tramo de tres tipos de deformación: flexión, torsión y cortante (*vid.* cuadro 13.1, fase 2), de las cuales se derivan teorías estructurales de esfuerzos y deformación, y las fórmulas al cálculo correspondiente; se indican entre corchetes las unidades de las variables algebraicas:

$$Ar = [cm^2] = \frac{Pu[kg]}{fy \left[\frac{kg}{cm^2} \right]}; fy \left[\frac{kg}{cm^2} \right] = \frac{Pu[kg]}{Ar[cm^2]} \quad (1)$$

$$e = \frac{fy \left[\frac{kg}{cm^2} \right]}{E \left[\frac{kg}{cm^2} \right]}; e = \frac{\Delta u[cm]}{L[cm]} \quad (2)$$

donde:

Ar = área

Pu = carga

e = módulo Young

fy = esfuerzo

E = esfuerzo máximo

En las fórmulas (1) y (2) Ar equivale al área resistente de la viga IR, Pu es carga puntual, fy esfuerzo involucrado, e es módulo de Young y E es esfuerzo madre antes de ruptura (límite plástico).

$$e = \frac{fy\left[\frac{kg}{cm^2}\right]}{E\left[\frac{kg}{cm^2}\right]}; E = \frac{fy\left[\frac{kg}{cm^2}\right]}{e}; E = \frac{\frac{Pu\left[\frac{kg}{cm^2}\right]}}{Ar\left[\frac{kg}{cm^2}\right]}; E = \left[\frac{kg}{cm^2}\right] = \frac{Pu[kg]*L[cm]}{Ar[cm^2]*\Delta u[cm]} \quad (3)$$

$$\Delta u[cm] = \frac{(Pu[kg]*L[cm])}{(Ar[cm^2]*E\left[\frac{kg}{cm^2}\right])}; \Delta u[cm] = \frac{(kg*cm)}{(cm^2*\frac{kg}{cm^2})} \quad (4)$$

donde:

Δur = deformación resistente

$\Delta uact$ = deformación actuante

L = claro

En las fórmulas (3) y (4) se aprecia el proceso de deducción de la fórmula para el cálculo de deformación Δu en cm; involucrando carga, claro, área de la sección estructural y módulo de elasticidad máximo.

Revisión del caso

Cuadro 13.2. *Etapas de revisión del caso*

Fase 1	Fase 2	Fase 3
a) Se redujo la extensión del caso de 8591 a 6064 palabras; de 58 a 24 cuartillas.	a) Se disminuyeron fuentes hemerográficas, solo para figuras ilustrativas. Se conservan fuentes técnicas para respaldar figuras, tablas y gráficos.	a) Se estimó promedio de lectura de 200 a 300 palabras/min, lectura caso de 20 a 30 min.
b) En los apartados se procuró comenzar con preguntas para realizar el abordaje en la lectura.	b) Se corrigieron errores en la designación de unidades.	b) Se sintetizó el apartado de introducción para hacer el contenido del caso más sucinto.
c) Se eliminaron porciones de texto y tablas no esenciales (e.gr. la sección de historia del metropolitano y la alusiva a la "causa inmediata" dentro del diseño del caso).	c) En la sección "causa raíz" del diseño del caso, substituyó la infografía por cuadro conceptual que resumiera de manera gráfica el contenido.	c) Se incorporaron referencias técnicas del reglamento, título VI "Seguridad estructural".
d) Todas las abreviaturas de términos técnicos y asociaciones son referenciadas con texto completo.	d) En el apartado "causa raíz" se eliminó cuadro de síntesis y se mantuvo el análisis de las 23 causas que originaron el siniestro.	

Fuente: AGN [4], DNV [5], Escobar y Cuervo [14], FGJ [17], Belfort [18], Viadas [21].

Validación del caso

Se tomó como referente a Escobar y Cuervo [14] en la propuesta de las cuatro dimensiones de validación por jueces del caso del colapso de la línea dorada. Se utiliza Google Forms para administrar de modo eficiente las respuestas, y se envió formulario vía correo electrónico; los criterios de validación se relacionan con categorías numéricas expresadas en escala ordinal para cada dimensión y sección del caso.

Cuadro 13.3. *Aplicación, dimensiones, validación, sección introducción, formulario*

<i>Dimensión Introducción (escala de 4 rubros polarizados: uno negativo, dos intermedios y uno positivo)</i>	
1. Categoría claridad	La sección es clara, tiene semántica y sintaxis adecuada
2. Categoría coherencia	La sección se encuentra completamente relacionada con la situación técnica descrita
3. Categoría relevancia	La sección es muy relevante y debe ser incluida
4. Categoría suficiencia	Todas las secciones del caso son suficientes

Fuente: DNV [5], Escobar y Cuervo [14].

Se usan cinco preguntas para indagar relevancia didáctica-profesional del caso; se usa escala de Likert.

Cuadro 13.4. *Preguntas adicionales, trascendencia metacognitiva*

<i>Preguntas adicionales (en escala de Likert)</i>	
1.	El caso está relacionado con la realidad laboral.
2.	El caso será atractivo para alumnado de física e ingeniería.
3.	No toda la información necesaria para analizar el caso está en el texto.
4.	Los lectores del caso tendrán que hacer algunas investigaciones, inferencias, juicios y argumentos basados en la información aprendida.
5.	El caso tiene más de una perspectiva de análisis y propuesta de solución aceptable.

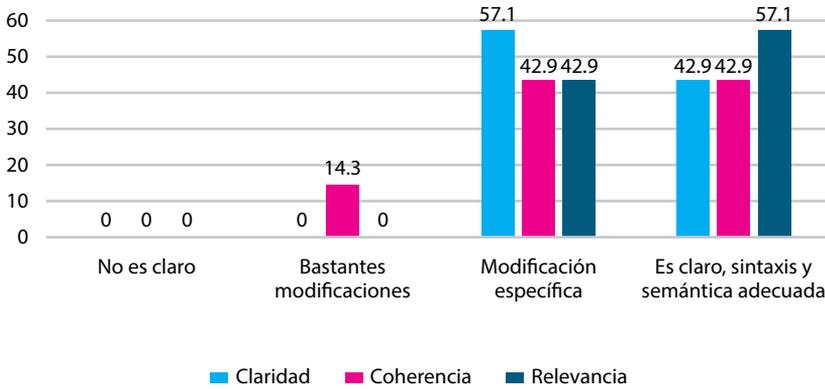
Notas: 1 = Totalmente de acuerdo; 2 = De acuerdo; 3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo; 4 = Totalmente en desacuerdo.

Fuente: Brenzini y Martínez [2], Luna [6], Escobar y Cuervo [14].

Resultados, validación y evaluación

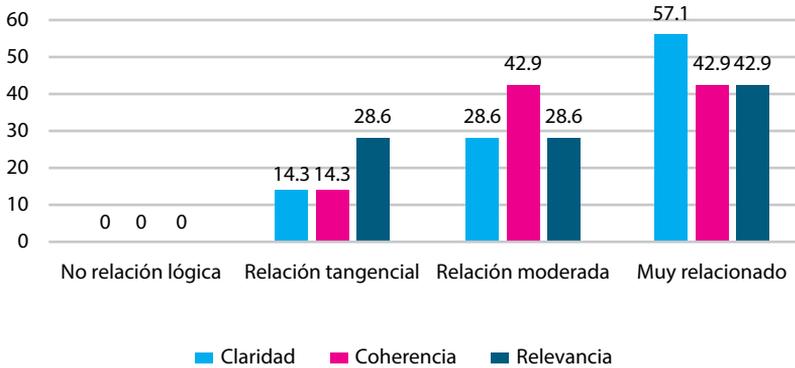
Con base en las validaciones realizadas por siete jueces, ingenieros y cate- dráticos de nivel superior se presentan los siguientes resultados. Aplicando escala de medición de Likert-polarizada, de un rubro negativo ubicado a la izquierda y uno positivo a la derecha y dos intermedios, que se relacio- nan con escala ordinal de cuatro rubros (0, 1, 2, 3), según criterio de va- lidación.

Figura 13.1. Valoración sección Introducción



Fuente: elaboración propia.

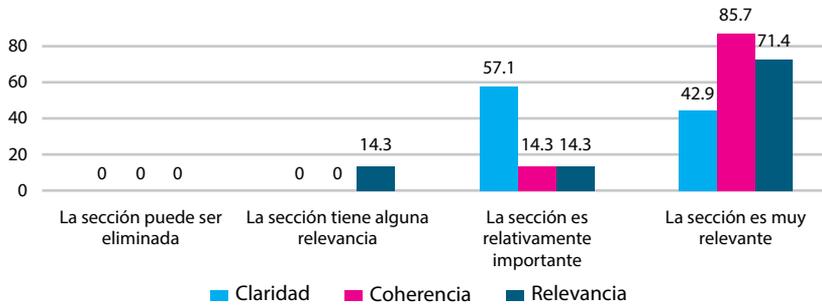
Figura 13.2. Valoración sección Historia



Fuente: elaboración propia.

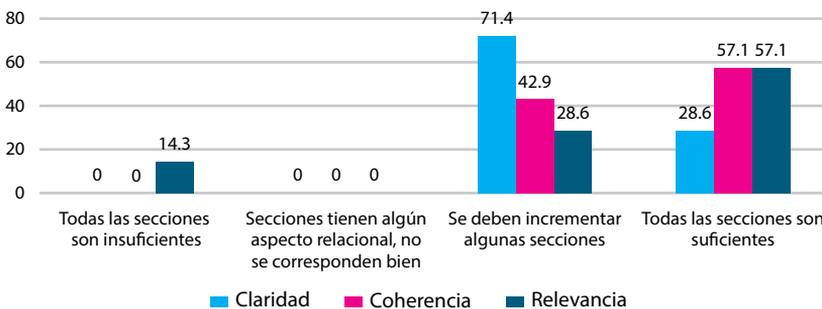
Dado que en la figura 13.1, el 57.1% responde que la introducción requiere modificación específica y el 42.9% dice que tiene semántica y sintaxis adecuada se infiere que la sección es clara. El 42.9% señala que la introducción tiene relación moderada y el 42.9% que está muy relacionada con la situación descrita, por tanto, la sección tiende a ser coherente. El 42.9% dice que la introducción es relativamente importante y el 57.1% señala que es muy relevante y debe ser incluida, se infiere que la sección es relevante. En la figura 13.2, el 28.6% señala que la sección requiere una modificación específica, el 57.1% que tiene semántica adecuada, entonces la historia es clara. Dado que el 42.9% señala que la sección tiene relación moderada con la situación técnica, y el 42.9% dice que está completamente relacionada, se infiere que es coherente. El 28.6% afirma que la sección es relativamente importante y el 42.9% que es muy relevante y debe ser incluida, entonces se infiere que la historia tiende a ser relevante.

Figura 13.3. Validación sección Causa raíz



Fuente: elaboración propia.

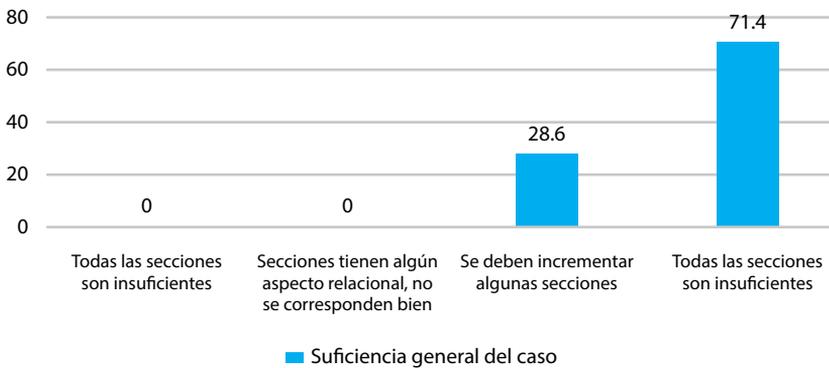
Figura 13.4. Validación sección Estrategia



Fuente: elaboración propia.

En la figura 13.3, el 57.1% señala que la sección requiere una modificación específica, y el 42.9% que la causa raíz tiene semántica y sintaxis adecuada, entonces la causa raíz tiende a ser clara. Dado que el 85.7% responde que la sección está totalmente relacionada con la situación técnica que mide, se infiere que la causa raíz es coherente. Y el 71.4% dice que la sección es muy relevante y debe ser incluida, entonces la causa raíz es relevante. En la figura 13.4, el 71.4% dice que la sección requiere una modificación específica y el 28.6 señala que tiene semántica, se infiere que la estrategia futura tiende a ser clara. El 42.9% señala que la sección tiene relación moderada con la situación técnica descrita y el 57.1% que está muy relacionada, se infiere que esta es relevante.

Figura 13.5. Validación, para todas las secciones



Fuente: elaboración propia.

Dado que el 71.4% señala que todas las secciones del caso son suficientes, se infiere que el caso tiene integridad de contenido. Aclarando que las tres dimensiones miden de manera singular a las secciones del caso, mientras que la dimensión suficiencia mide de manera general a las cuatro secciones del caso.

Para los valores de las cinco preguntas adicionales se encontraron tendencias de validación con porcentajes altos, entre rangos del 42.9%, 57.1% y 71.4%, relacionados con escala de Likert de: “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”; se infiere que las cinco preguntas adicionales remarcan la funcionalidad del caso a nivel profesional y metacognitivo.

Al comparar las cuatro gráficas de las secciones del caso validadas para tres de sus dimensiones singulares se observan valoraciones positivas con tendencia ascendente y a la derecha de los histogramas, se infiere que el caso es claro, coherente y relevante. También se observó que los jueces validan entre rangos del 42.9% para cada uno de los últimos dos niveles positivos de la escala de Likert, lo que indica que el caso no es al 100% claro ni coherente, lo que representa la naturaleza de la realidad relatada en el caso, no lineal, causal, ni ordenada en su totalidad, Ellet [22].

El estadístico que se utiliza para cuantificar la validez del caso por jueces es el coeficiente de Aiken, adaptado de Escobar y Cuervo [14] y Ecurra [23] (*vid.* ecuación 5).

$$V = \frac{S}{[n * (c - 1)]} \quad (5)$$

La fórmula se compone de:

V = coeficiente de Aiken

S = suma valores numéricos asignados por cada juez, para cada criterio validado

Si = valor numérico específico, asignado por cada juez, para cada criterio

n = número de jueces

c = número de criterios evaluados

El número de jueces encuestados es siete, número de valores de la escala ordinal considerada para cada dimensión es de cuatro: 0, 1, 2, 3; y los valores de S y si son de la suma de valores numéricos asignados por jueces y valor numérico específico para cada criterio (*vid.* cuadros 13.5 y 13.6).

Cuadro 13.5. *Criterios evaluados a las cuatro secciones (Introducción, Historia, Causa raíz y Prospectiva)*

1. Claridad	2. Coherencia	3. Relevancia	4. Suficiencia
0 = No es claro	0 = No tiene relación lógica	0 = La sección puede ser eliminada	0 = Todas las secciones son insuficientes
1 = Requiere bastantes modificaciones	1 = Tiene relación tangencial	1 = La sección tiene alguna relevancia	1 = Todas las secciones no corresponden en su totalidad
2 = Requiere modificaciones muy específicas	2 = Tiene relación moderada	2 = Sección relativamente importante	2 = Se deben incrementar algunas secciones
3 = Es claro, tiene semántica y sintaxis	3 = Completamente relacionado	3 = Muy relevante y merece ser incluida	3 = Todas las secciones son suficientes

Fuente: Escobar [14].

Cuadro 13.6. *Descripción de las cinco preguntas adicionales*

Cinco preguntas adicionales al caso				
1. Relacionado con la realidad laboral	2. Atractivo alumnos Física e Ingeniería	3. No toda la información está en el texto	4. Con lo aprendido se harán juicios e investigación	5. Más de una propuesta de solución y análisis

Notas: 0 = Totalmente en desacuerdo; 1 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo; 2 = De acuerdo; 3 = Totalmente de acuerdo.

Fuente: Escobar y Cuervo [14].

A cada respuesta se le asignó un valor, según escala de Likert. Con estos valores se construye código de validación para cada sección del caso; los rangos de eficiencia para valoraciones obtenidas por coeficiente de Aiken son: de 0 a 0.30 deficiente, de 0.30 a 0.49 poco eficiente, 0.50 a 0.69 regularmente eficiente, de 0.70 a 0.85 eficiente, de 0.85 a 1.00 muy eficiente, Escobar y Cuervo [14]; consultar ligas estadísticas [24, 25, 26]. Ahora se presentan cuadros 13.7 y 13.8 de resultados de la indagación, Escurra [23]:

Cuadro 13.7. *Validaciones jueces y tabla resumen (sección 1)*

VALIDACIÓN DE JUECES	Criterios de evaluación	Juez 1	Juez 2	Juez 3	Juez 4	Juez 5	Juez 6	Juez 7	Σ x criterio	V (Aiken)	Valoración
$V = S / [n \times (c - 1)]$	Claridad	3	3	2	3	2	2	2	17	0.81	Eficiente
	Coherencia	3	3	2	2	1	2	3	16	0.76	Eficiente
Todas las secciones	Relevancia	3	3	2	2	3	2	3	18	0.86	Muy eficiente
	Suficiencia	3	3	3	2	3	2	3	19	0.90	Muy eficiente

<i>TABLA RESUMEN</i>	<i>Claridad</i>	<i>Coherencia</i>	<i>Relevancia</i>	<i>Suficiencia</i>
S	17	16	18	19
Si	x	x	x	x
n	7	7	7	7
c	4	4	4	4
V (Claridad)	0.80952381	0.81		
V (Coherencia)	0.76190476	0.76		
V (Relevancia)	0.85714286	0.86		
V (Suficiencia)	0.9047619	0.90		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 13.8. *Validaciones de jueces (secciones 2-4) y preguntas adicionales*

<i>Sección</i>	<i>Criterios de evaluación</i>	<i>Valoración</i>
Historia	Claridad	Eficiente
	Coherencia	Eficiente
	Relevancia	Eficiente
Causa raíz	Claridad	Eficiente
	Coherencia	Muy eficiente
	Relevancia	Muy eficiente
Prospectiva	Claridad	Eficiente
	Coherencia	Muy eficiente
	Relevancia	Eficiente
Preguntas adicionales al caso	Realidad laboral	Muy eficiente
	Atractivo alumnos	Muy eficiente
	No toda información	Eficiente
	Se hará investigación	Eficiente
	Varias soluciones	Eficiente

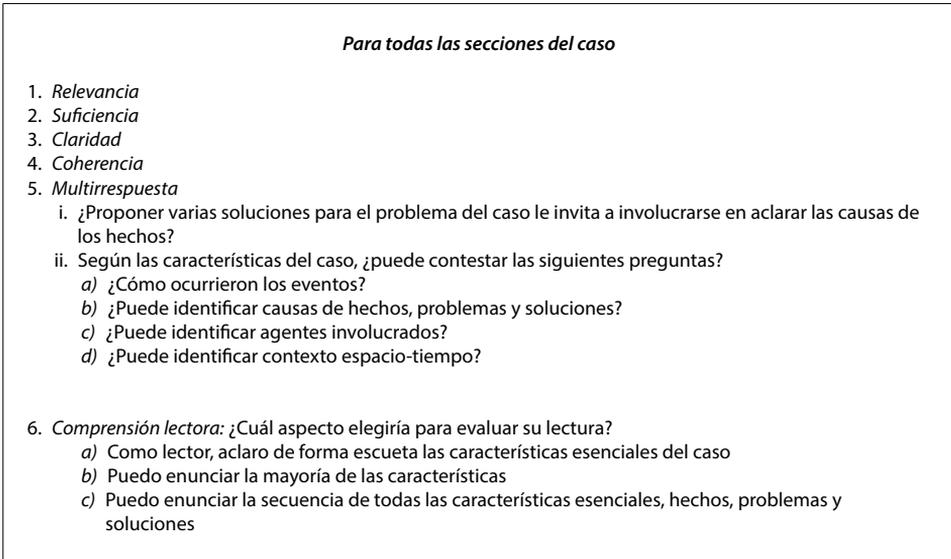
Fuente: elaboración propia.

Dado que los resultados obtenidos en los cuadros 13.7 y 13.8 para Introducción y secciones restantes del caso indican niveles de eficiencia, se infiere que el estadístico señala evaluaciones eficientes del caso muy similares a las de histogramas, lo cual indica suficiencia de comprensión y análisis de contenido.

Como parte del proceso de construcción del caso se requirió evaluación de usuarios; el instrumento para hacer esta medición tiene como base las características que debe tener un caso según Ellet [22]. Se evaluaron cuatro secciones, al encuestar muestra de 56 estudiantes de Ingeniería, con edades

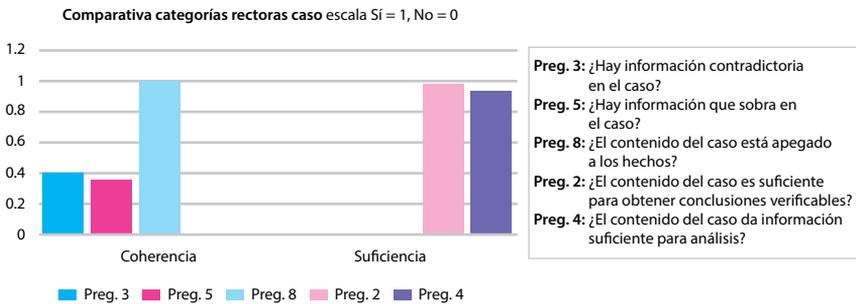
entre 18 y 25 años; mediante formulario Google Forms de seis dimensiones, de 12 preguntas, con opción de respuestas dicotómicas, Escobar y Cuervo [14]. En este proceso se repiten las mismas cuatro dimensiones de validación por jueces. Se usó escala dicotómica para comparaciones precisas del criterio de alumnos al evaluar; los valores de sí y no se codificaron con valores ordinales de 1 y 0, y se construyó labor cuantitativa liga [24].

Figura 13.6. Dimensiones y preguntas evaluación caso usuarios

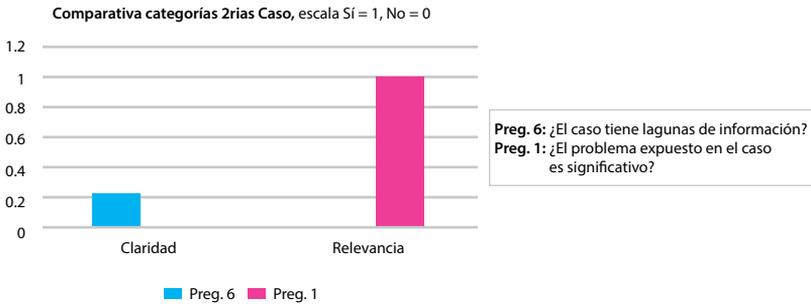


Fuente: Escobar y Cuervo [14] y Ellet [22].

Figura 13.7. Triangulación datos dimensiones Coherencia y Suficiencia

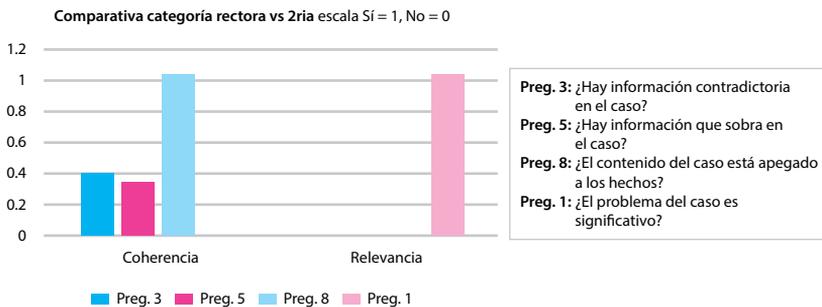


Fuente: elaboración propia con base en Cisterna [27].

Figura 13.8. *Triangulación datos dimensiones Claridad y Relevancia*

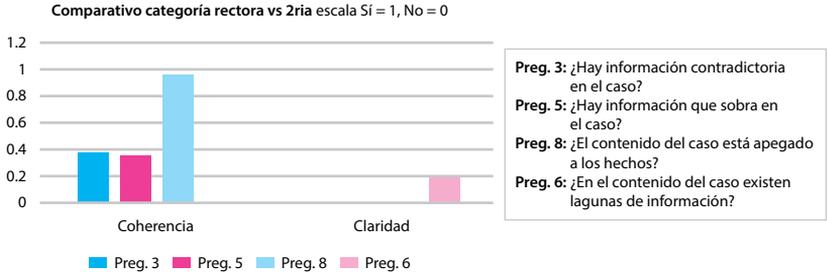
Fuente: elaboración propia con base en Cisterna [27].

En la figura 13.7, preguntas 3 y 5, el 40% indica coherencia, existe disparidad con las preguntas 2 y 4 que indican 100% de relevancia, no hay triangulación; se infiere que el 40% percibe el caso superficial, el 60% dice que no es coherente con la realidad compleja. La pregunta 8 tiene nivel alto de triangulación con preguntas 2 y 4, el caso se apega a la realidad con suficientes datos para análisis. En la figura 13.8 hay nivel de triangulación bajo, ya que el 20% indica que el caso tiene lagunas de información y el 100% indica relevancia, se infiere que ese 20% leyó superficialmente.

Figura 13.9. *Triangulación datos dimensiones Coherencia y Relevancia*

Fuente: elaboración propia con base en Cisterna [27].

Figura 13.10. Triangulación datos dimensiones Coherencia y Claridad

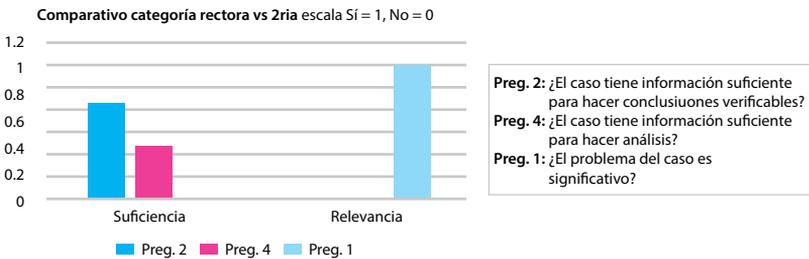


Fuente: elaboración propia, referente Cisterna [27].

En la figura 13.9 hay baja triangulación entre preguntas 3 y 5, y pregunta 1, ya que el 40% percibe el caso como contradictorio y coherente con la realidad multienfoque y en apariencia desordenada. El 60% realiza lectura superficial y dice que el caso no es coherente con esta realidad y sí coherente con una realidad lineal, ordenada e idealizada. Se infiere que el 100% percibe el caso como relevante, aun cuando no se involucró a profundidad. La figura 13.9 similar al triangular entre coherencia y claridad.

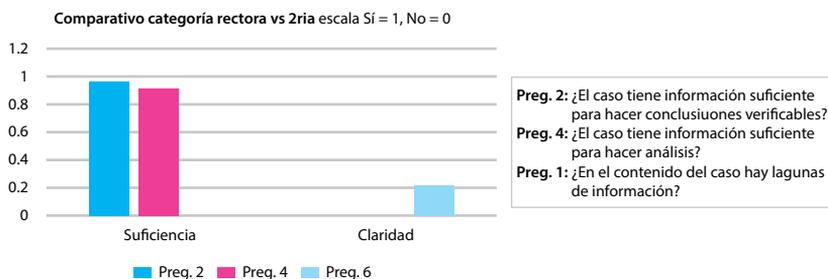
En la figura 13.11 Suficiencia y Relevancia están correlacionadas con 96 y 100%, y en la figura 13.12 el nivel de triangulación entre Suficiencia y Claridad es bajo, un 20% percibe lagunas de información vs. 80% que no.

Figura 13.11. Triangulación datos dimensiones Suficiencia y Relevancia



Fuente: elaboración propia con base en Cisterna [27].

Figura 13.12. Triangulación datos dimensiones Suficiencia y Claridad



Fuente: elaboración propia con base en Cisterna [27].

Cuadro 13.9. Nivel eficiencia características caso al indagar en usuarios, codificación intervalar

Característica Categoría	Justificación (codificación)	No. pregunta formulario Google (Resultado estad.)
1. El problema que se plantea en el caso es relevante. Codificación (relevancia) significación.	Si entre el 80 y 75 % de alumnos asignan un sí, entonces el caso lo están evaluando relevante	Pregunta 1 El 100% sí considera relevante el caso
2. Información suficiente sobre la cual se pueden derivar conclusiones. Codificación (suficiencia).	Si entre el 80 y 75 % de alumnos asignan un sí, entonces el caso lo están evaluando suficiente	Pregunta 2 El 96.4% = Sí suficiente Pregunta 4 El 92.9% = Sí suficiente
3. Hay varias alternativas de respuesta. Codificación (multirrespuesta) realidad multifactual.	Si entre el 80 y 75 % de alumnos asignan un sí, entonces el caso lo están evaluando como realidad multifactual	Pregunta 7 El 92.9% = Sí multirrespuesta Pregunta 9 El 92.9% = Sí multirrespuesta Pregunta 10 El 67.9% = Sí multirrespuesta
4. Organización no lineal-no causal. Codificación (desorganización aparente, (multidireccionalidad, simultaneidad) COHERENCIA	Si entre el 80 y 75 % de alumnos asignan un sí, entonces el caso lo están evaluando como coherente con la realidad (<i>vid. nota</i>)	Pregunta 3 El 40% = Sí coherencia con la realidad El 60% = Lo percibe ordenado e incoherente con la realidad Pregunta 5 El 35.7% = Sí coherencia por información sobrada, pero al final significativa Pregunta 8 El 98.2% = Sí coherencia por apego a los hechos reales
5. Se tienen lagunas de información, Codificación (no semántica, no sintaxis). CLARIDAD	Si entre el 80 y 75 % de alumnos asignan un no, entonces el caso lo están evaluando como claro	Pregunta 6 El 21.4% = No claro El 78.6% = Sí claro

Nota: En la categoría o dimensión de Coherencia, entre más alto es el porcentaje (%) encontrado; mejor según Ellet [22], ya que entonces el caso es más real, porque la realidad se nos presenta desordenada como un todo confuso que al profundizar en la comprensión gradual de sus partes, el nivel de comprensión de lo confuso y difuso se hace presente, y las partes cobran significado unas con otras, como partes de un todo con pleno sentido. Para Ellet, la incoherencia de un caso radica en su estructura altamente idealizada y poco apegada a la realidad.

Fuente: Adaptación de Ellet [22].

Conclusiones

A través de los resultados encontrados a la luz de la metodología para el diseño sistemático de un caso de ingeniería se constata por descripción y análisis del proceso implicado que el caso es validado y evaluado con niveles aceptables de relevancia y suficiencia; tanto usuarios como jueces coinciden con valoraciones polarizadas, con disparidades aproximadas del 40-60%, de que el caso no es 100% coherente con una lógica inherente a una realidad sencilla, lineal, ordenada e idealizada, sino que el caso es coherente con una realidad compleja, multienfoque y en apariencia desordenada, pero al analizarse con profundidad se percibe contenido lógico con múltiples aristas, pero todas con sentido estructurador relacional. El trabajo de investigación no solo acredita la existencia de un proceder sistemático involucrado en el diseño de un caso de ingeniería, también resultados satisfactorios en su implementación, apegados a la naturaleza real de los fenómenos físicos e ingenieriles.

Agradecimientos

Gracias a la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN por todo el apoyo en el proyecto editorial.

Referencias

- [1] Malave, C. (2016). Análisis descriptivo de dificultades que afrontan estudiantes de ingeniería en aprendizaje de física. *Revista Lajpe*, 10(4).
- [2] Brenzini, D., y Martínez, M. (2012). Perfil del ingeniero civil. *Revista Orbis*, 8(22), 28-48.
- [3] Colegio Ingenieros Civiles de México (CICM) (2021). Dictamen estructural: Línea 12 Metro. CICM.
- [4] Archivo General de la Nación (AGN) (2022/1969). Inauguración del Metro vía el Periódico Oficial del Estado: El Nacional. AGN. <https://www.gob.mx>.
- [5] Der Norske Veritas (DNV). (2021). Dictamen técnico colapso paso elevado línea 12 tramo estaciones Olivos Tezonco columnas 12 y 13: Análisis causa raíz fase I y II. DNV.

- [6] Luna, S. (2015). Investigación y prospectiva en educación: Futuro aprendizaje siglo XXI. UNESCO.
- [7] Manpower (2019). Resolviendo escasez de talento: Resultados México. Manpower-México.
- [8] Carcavilla, A., y Puey, M. L. (2019). Reflexiones didácticas sobre algunos razonamientos lógicos con la primera ley de Newton y su relación con las ideas previas de los alumnos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(3), e20180277. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0277>.
- [9] Quacquarelli Symonds (QS). (2022). *Graduate employability rankings*. QS.
- [10] Ver caso 1 (1999). *Decoding the DNA of the Toyota Production Harvard Business School*.
- [11] Ver caso 2 (2008). *Elephant Pumps: Solution de Pump Aid a Problem Social*.
- [12] Ver caso 3 (2018). *California Products*. Edac e IPADE.
- [13] Wordpress (2022). [16 hilos de discusión entre pares, redacción primer borrador del caso “La física ignorada línea 12”]. <https://n9.cl/hilosdiscusioncasolineadorada> (Contraseña: lineadorada).
- [14] Escobar-Pérez, J., y Cuervo-Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio expertos: Una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, (6), 27-36. https://www.humanas.unal.edu.co/lab_psicometria/application/files/9416/0463/3548/Vol_6_Articulo3_Juicio_de_expertos_27-36.pdf.
- [15] Harvard Business School (HBS) (2022). *La enseñanza con el método del caso Harvard Business School*.
- [16] Harvard (2019). *Enseñanza con el método del caso Learned Edmund P. y Fellows*. Harvard.
- [17] Fiscalía General de Justicia de la CDMX (FGJ) (2021). Informe de fallas estructurales línea 12.
- [18] Belfort, A. (2021). Análisis arquitectónico colapso línea 12 del Metropolitano Ciudad de México. X. https://x.com/AXL_BELFORT/status/1449024288389009420?mx=2.
- [19] Gobierno de la Ciudad de México, Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil (SGIRYPC) (2021). Dictamen estructural colapso línea 12.
- [20] Cusba, M. (2011). *Estudio causas y soluciones estructurales colapso de puentes vehiculares y tramos elevados: Evaluación y consecuencias*. Universidad Javeriana.
- [21] Viadas, P. (2018). *Derrumbe línea 12 del metro CDMX: Hipótesis estructurales*.
- [22] Ellet, W. (2007). *The Case Study: How to Read, Discuss and Write Persuasively about Cases*. Harvard Business School.
- [23] Escurra, M. (1988). Cuantificación de la validez de contenido por criterio de jueces: Coeficiente de V de Aiken. *Revista de Psicología*, 6(1), 103-111.
- [24] Formulario de evaluación por usuarios (s/f). <https://forms.gle/Tes4zh5gSf4ruqm38>.
- [25] Formulario de validación por jueces (s/f). <https://forms.gle/PteTeiQWmykiFMzB8>.
- [26] Caso. (s/f). <https://drive.google.com/file/d/16C34y4pGzEYDMynlendGf4PWVOJ84vqR/view>.

- [27] Cisterna Cabrera, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), 61-71. <https://www.ubiobio.cl/theoria/v/v14/a6.pdf>.

14. Modificaciones en los niveles de pensamiento crítico, al emplear estrategias filosóficas en el aprendizaje de la dualidad onda-partícula: Avances para una próxima investigación cualitativa

JESÚS DIEGO TUERO-O'DONNELL ZULAICA*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.219.14>

Resumen

En este trabajo se presentan los primeros pasos para una próxima valoración de la evolución de las habilidades de pensamiento crítico en estudiantes universitarios, a través del diseño de una secuencia didáctica enfocada en el pensamiento filosófico como herramienta, al estudiar el fenómeno cuántico de la dualidad onda-partícula, tanto ante la interpretación estándar como ante otras alternativas. La secuencia se desarrolla en 10 sesiones, mediante lecturas de artículos de divulgación, reflexiones y debates filosóficos, respuestas a cuestionarios y un test final, consistente en seis bloques de preguntas de doble nivel: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y argumentación. Durante el año 2023 se llevaron a cabo dos pruebas piloto a grupos de 15 estudiantes de ingeniería de 4º semestre, en la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería (Colombia), extra-yéndose unos resultados preliminares, de tipo cuantitativo, que parecen indicar tendencias hacia el manejo de habilidades de pensamiento más elevadas, a medida que se aplica la secuencia didáctica, aunque con bases de comprensión frágiles. Se espera que el análisis cualitativo que se realizará durante el año 2024 describa con más detalle dichos procesos.

Palabras clave: *educación, filosofía, pensamiento crítico, onda-partícula.*

* Máster Universitario en Astronomía y Astrofísica. Profesor interno en el Centro de Ciencias Básicas de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), campus Montería, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4416-4417>

Introducción

Las dificultades que encuentran los estudiantes universitarios para poder aplicar procesos naturales de síntesis y emisión de juicios argumentados, al abordar problemas generales en su contexto personal y académico [1], les está llevando en muchas ocasiones a la deserción escolar [2] y provoca, incluso, cierres de programas académicos completos [3] al reducirse al mínimo el número de estudiantes matriculados. Así, este estudio se elabora en torno a una secuencia didáctica que, apoyándose en la teoría del cambio conceptual [4] y la filosofía, ponga en juego distintos niveles de pensamiento crítico, a través de lecturas y debates socráticos [5] para sacar a relucir el potencial de los estudiantes ante una de las primeras dificultades con las que se encuentran en el estudio de la física cuántica, las paradojas de la dualidad onda-partícula y las principales interpretaciones que de la misma se han desarrollado a lo largo de la historia.

Con esta investigación, se aporta una estrategia poco explotada [6], potenciándose las habilidades de pensamiento más elevadas, que son consideradas por la UNESCO como uno de los pilares en los que debe apoyarse todo sistema educativo, junto con la empatía y la creatividad [7]. Además, se ha demostrado que se puede verificar el cambio de nivel de desarrollo de pensamiento crítico, aplicando estrategias didácticas novedosas (por ejemplo, con el aprendizaje basado en problemas) en un solo semestre, fomentándose habilidades más elevadas de pensamiento, a medida que progresa la intervención [8]. Sin embargo, según el resultado de la revisión bibliográfica efectuada, ninguno de los test existentes, ni de las secuencias didácticas planteadas para el aprendizaje de la dualidad onda-partícula, se apoya en temas histórico-filosóficos, que consideren además el tema de las otras interpretaciones de física cuántica, más allá del modelo ortodoxo (interpretación de Copenhague), con preguntas abiertas, que busquen valorar cualitativamente cambios en los niveles de pensamiento crítico, por lo que esta investigación pretende cubrir dicho vacío.

El proyecto comenzó durante el primer semestre de 2023, en el entorno de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Montería (Colombia), con estudiantes de ingeniería, aplicado en la asignatura de Ondas y Física

Moderna (4° semestre), optando por un enfoque básicamente cualitativo fenomenológico, con unos mínimos apuntes cuantitativos, puesto que no se pretenden generar mediciones, ni generalizar a otras poblaciones, sino, más bien, adentrarse en un campo poco explorado, como es el del desarrollo de las asignaturas con el apoyo de la filosofía, y valorar sus efectos en un grupo de estudiantes concreto.

Pregunta principal y objetivos

El trabajo pretende responder esta pregunta principal: ¿Cómo se modifican los niveles de pensamiento crítico al priorizar el uso de la filosofía y la revisión histórica en estudiantes universitarios que se acercan por primera vez al estudio de la dualidad onda-partícula, en carreras de ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB, Colombia), durante un periodo de cuatro semanas? Siendo, por ello, su objetivo principal el de valorar los cambios en los niveles de pensamiento crítico, alcanzados con el uso de la filosofía y la revisión histórica en estudiantes universitarios que se acercan por primera vez al estudio de la dualidad onda-partícula en carreras de ingeniería de la UPB, durante un periodo de cuatro semanas. Para ello se plantean estas metas parciales:

1. Describir las soluciones propuestas por los estudiantes al dar respuesta, por primera vez, al problema de la dualidad onda-partícula, sin haber comenzado la implementación de secuencia didáctica alguna.
2. Examinar los argumentos filosóficos empleados por los estudiantes para debatir y argumentar sobre las interpretaciones de la física cuántica, en general, y sobre la dualidad onda-partícula, en especial, mientras se desarrolla una secuencia didáctica, diseñada para tal efecto.
3. Identificar los cambios conceptuales que puedan aparecer durante ese periodo.
4. Interpretar los efectos del uso de la filosofía en los niveles de pensamiento crítico manejados, después de terminar el periodo de docencia.

Marco teórico

Teoría del cambio conceptual

El estudio se apoya en la teoría del cambio conceptual. Esta teoría viene desarrollándose desde mediados del pasado siglo, a partir de las investigaciones de Jean Piaget y Lev Vigotski [9], pero ha ido modificándose a medida que se ha comprobado la dificultad de que desaparezcan por completo esquemas mentales erróneos, siendo habitual que se hable más de evolución que de cambio conceptual [10]. La incorporación de los conceptos cuánticos supone así un reto con el que poner en práctica esta teoría educativa, al enfrentar los modelos de pensamiento clásico con los cuánticos [4].

El pensamiento crítico

La Red Interamericana de Educación Docente (perteneciente a la OEA), en su informe de 2015, denominado Caja de Herramientas, Pensamiento crítico, propone la siguiente clasificación de los niveles de desarrollo de pensamiento crítico [11]: conocer, comprender; aplicar; analizar; sintetizar; y evaluar. Dichos niveles están basados en la taxonomía de Bloom [12] y se toman como referencia para esta investigación.

Existen varios test genéricos, enfocados cuantitativamente conocidos internacionalmente, como el de Watson Glaser Critical Thinking [13]; el de California Critical Thinking Skills [1]; el de California Critical Thinking Disposition Inventory [14]; el Test de Cornell Critical Thinking [15]; el de Halpern Critical Thinking Assessment using Everyday Situations (HCTAES), que llena un vacío en este tipo de test, al poder realizarse no solo estudios cuantitativos, sino cualitativos [16]; el de Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test [17], pudiendo ser empleado como test o como instrumento de enseñanza en un curso largo, que está centrado en la habilidad de la argumentación y defensa de un punto de vista, y por ello se presenta en forma de cuestiones abiertas, configurando una carta a un director de un hipotético periódico (su enfoque sí es eminentemente cualitativo).

En Colombia (país donde se lleva a cabo la investigación en curso), tanto en educación media como universitaria, el Instituto Colombiano para la Educación Superior (ICFES) realiza unas pruebas estandarizadas [18] que guardan cierta relación con el uso del pensamiento crítico (cursos 3º, 5º, 9º y 11º, al término de la educación media), así como otra, Saber Pro, cerca del final de la carrera universitaria. En cuanto a test específicos internacionales se ha aplicado el de Halpern en dos contextos: educación media [19], aunque sin una validación previa, y en educación superior, desarrollando la metodología para una validación [20]. También Betancourth *et al.* [21] validaron recientemente una escala de pensamiento crítico para universitarios de Colombia, México y Chile.

Sin embargo, es menos frecuente encontrar instrumentos enfocados a una rama científica particular, puesto que los antes comentados son generalistas. Encontramos trabajos como los de Tiruneh *et al.* [22], donde se diseña y valida un test para la temática de electricidad y magnetismo, o el de Laiton [8], haciendo uso del aprendizaje basado en problemas, aplicado a la física mecánica. Y en relación con los cursos introductorios a la física cuántica, existen investigaciones donde se analizan las dificultades encontradas por estudiantes de nivel medio y universitario para la comprensión de estos temas de física moderna, proponiéndose distintas estrategias de enseñanza, como en los recientes de Bouchée *et al.* [23] y Krijtenburg-Lewerisa *et al.* [24]. La alternativa histórico-filosófica es aún menos común, pero puede verse reflejada en trabajos como los de Hoehn *et al.* [25], y en proyectos más generales, como el expuesto por Böe y Viefers [6]. Como estrategia más cualitativa, también se han desarrollado tesis en Colombia, como la de Céspedes [26], precisamente enfocada en el problema de la dualidad onda-partícula.

En cuanto al diseño e implementación exclusivamente de test y cuestionarios pensados para cursos introductorios de física cuántica, estos se caracterizan por ser mayoritariamente de tipo cuantitativo, con preguntas de selección múltiple, buscando medir ganancias conceptuales en investigaciones experimentales. Se pueden mencionar, entre otros, a nivel universitario, las propuestas de Bentaleb *et al.* [27], de Ortiz-Pérez [28], de McKagan *et al.* [29], o la de Wutiprom [30]. Menos frecuente aún es encontrar test sobre física cuántica que separen cada pregunta en varios niveles de

cuestiones (pruebas multinivel), con el objetivo de extraer información sobre el grado de seguridad o tipo de respuesta que ha dado el estudiante a la cuestión fundamental de dicha pregunta. Así, se encuentran propuestas como las de Taslidere [31], quien desarrolla un test de tres niveles sobre el efecto fotoeléctrico, o la de Di Uccio *et al.* [32], de dos niveles, para el comportamiento ondulatorio, el problema de la medida y la teoría atómica.

Metodología

Secuencia didáctica

La investigación se realiza en un grupo de enfoque, mediante la aplicación de una secuencia didáctica presencial de 10 sesiones, para el aprendizaje de la dualidad onda-partícula, con una orientación cualitativa y enfoque histórico-filosófico, que fomenta selectivamente las seis habilidades de pensamiento crítico, según el tema a tratar. Cada sesión dura 100 minutos, siendo el desarrollo de las nueve primeras así:

- *Análisis de un video, lectura de un texto o de un artículo de divulgación científica:* 30 min. Las lecturas corresponden a los trabajos de Gherab-Martín [33], Chen [34], Lewis [35], Okon [36], Albert [37], así como la entrevista a Lord Kelvin en *The Newark Advocate* [38]. Algunos de los videos e ítems fueron extraídos del proyecto Rele-Quant, perteneciente a web de Recursos de Aprendizaje en Ciencias para escuelas secundarias del Centro Noruego para la Educación Científica [39].
- *Respuesta a un cuestionario de preguntas abiertas sobre la tarea anterior:* 30 min. A modo de ejemplo, en la figura 14.1 se muestra uno de los cuestionarios ofrecido a los estudiantes.
- *Debate socrático sobre el tema tratado:* 40 min. Se discuten los temas tratados en el video y las preguntas planteadas en el cuestionario.

Figura 14.1. Cuestionario aparecido en la sesión #6 de la secuencia didáctica

En relación con los apuntes leídos, con el artículo de Gherab-Martín (2022) y con la interpretación estándar, responde brevemente las siguientes preguntas.

Conocimiento

1. ¿Cómo se llama el principio que hace de puente entre las leyes clásicas y las cuánticas?

Comprensión

2. Explica qué significa esta frase: "El movimiento de las partículas sigue las leyes de probabilidad, pero la probabilidad misma se propaga según la ley de causalidad".

Aplicación

3. Si la energía de cada fotón (en la visión corpuscular) es directamente proporcional a la frecuencia de su onda (en la visión ondulatoria): al aumentar la intensidad del campo electromagnético, ¿cómo cambiará el número de fotones detectados?

Análisis

4. ¿Qué quiso decir Einstein con la frase "Él no juega a los dados"? ¿A qué y a quién se refería? ¿Qué postura dejaba clara con esa sentencia?

Síntesis

5. ¿Cómo crees que las otras interpretaciones de la física cuántica darán respuesta al problema de la dualidad onda-partícula? Piensa en un modelo físico, realista, alejado del contradictorio que propone el modelo de Copenhague, que pudiera afrontar el fenómeno sin esa dificultad.

Argumentación

6. ¿Estás de acuerdo con la interpretación antirrealista, en el fenómenos onda-partícula, por el cual no existe una realidad objetiva "antes" de que experimentemos con el objeto, sino que nosotros mismos la creamos, al forzar una descripción de esa realidad, para que se nos aparente familiar a nuestros sentidos, como onda clásica o como partícula clásica?

Fuente: Gherab-Martín [40].

Test final de pensamiento crítico

En la última sesión se aplica un test final sobre todos los temas tratados, de tipo *two-tier questionnaire* (dos niveles por cada pregunta), evaluándose las seis habilidades de pensamiento crítico: en el primer nivel se plantea la pregunta abierta; en el segundo, se pide al estudiante que valore el grado de conformidad con el que ha respondido al nivel anterior (con una escala de 1 a 5, donde 1 significa totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo), para que pueda identificarse así el modelo de pensamiento empleado. En la figura 14.2 se expone una muestra de dichas preguntas, para la habilidad de síntesis, con sus dos niveles.

Figura 14.2. *Pregunta para la valoración de la capacidad de síntesis***Síntesis 1.1**

Estudiamos hace unas semanas que una onda electromagnética, además de presentar magnitudes de campo eléctrico y magnético, debía caracterizarse por su estado de polarización, es decir, por la manera en la que los campos cambian (giran) su dirección en el plano perpendicular a la dirección de desplazamiento de la onda.

Por tanto, en la visión corpuscular de la onda electromagnética un solo fotón, además de transportar energía y cantidad de movimiento, y poder describirse con una longitud de onda, también presenta la propiedad de polarización (la cual, como las demás, puede ser medida).

Por tanto, refiriéndonos a la dualidad onda-partícula (por ejemplo, para un electrón), ¿podrían tener también las partículas materiales estados de polarización? ¿Cómo te imaginas esos estados o los efectos que tendrían? Se te pide que unas tus conocimientos en ondas, mecánica y electromagnetismo para que generes ideas coherentes al respecto de esas preguntas.

Síntesis 1.2

- a) Los sistemas cuánticos están sometidos al principio de incertidumbre de Heisenberg, por lo que las leyes de conservación dejan de cumplirse y las medidas de las masas, polarizaciones, cargas, etc., están sometidas a leyes de probabilidad.
- b) Si las partículas presentan estados de polarización es porque se encuentran cargadas eléctricamente, para poder generar campos electromagnéticos a su alrededor.
- c) Un sistema aislado, como una partícula que se desplaza por el vacío, mantendrá constantes sus propiedades intrínsecas, como su carga y momentos (lineal y angular).

Fuente: elaboración propia.

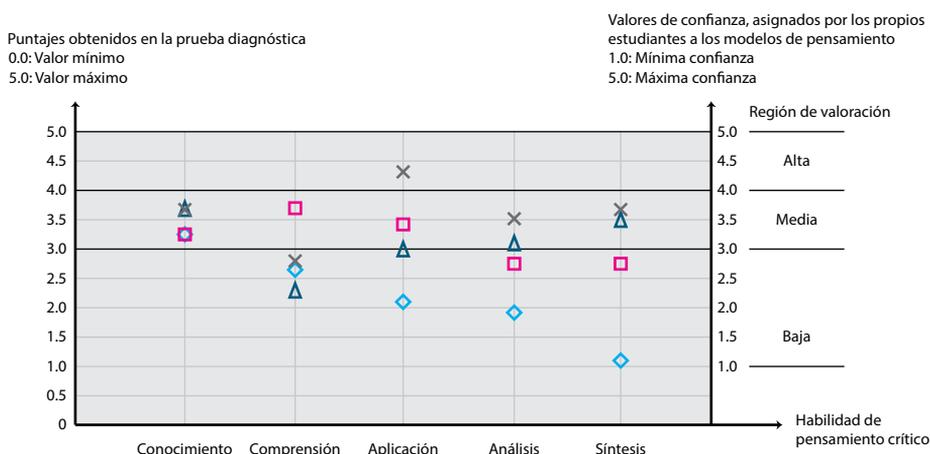
Análisis

Al final del primer semestre de investigación se puso en práctica una prueba piloto con un grupo de 15 estudiantes. A medida que se desarrollaba la prueba se fue detectando un cambio en la manera de pensar los problemas y cuestionar las ideas previas (aumentado paulatinamente la riqueza de los argumentos y capacidad de síntesis), así como en la de interpretar las teorías cuánticas, mientras los estudiantes adquirían costumbre en debatir y reflexionar, por lo que la teoría de la evolución conceptual parece prestarse adecuadamente como referencia para la investigación, tomando como base el debate filosófico y la revisión histórica. Se llevaron a cabo ajustes durante el mismo proceso de implementación de la secuencia, modificando las temáticas (ajustándose más al tema de la dualidad onda-partícula) y controlando más el tiempo de los debates.

Durante el segundo semestre se volvió a implementar la secuencia didáctica, reformándose los cuestionarios e incluyendo la novedad del doble

nivel en el test final (sesión 10). En la figura 14.3 se muestran unos resultados cuantitativos preliminares que comparan las puntuaciones obtenidas en el nivel 2 de las preguntas del test final con las de una prueba diagnóstica informal que había sido efectuada semanas antes, con temas no relacionados con la física moderna.

Figura 14.3. Valoraciones preliminares para las cinco primeras habilidades de pensamiento crítico (enfoque cuantitativo), por comparación entre los resultados diagnósticos iniciales y los promedios obtenidos en los niveles 2 de las preguntas del test final (confianza dada por los estudiantes a las afirmaciones presentadas en ese nivel)



Símbolo	Significado
◇	Resultados de la prueba diagnóstica: niveles alcanzados antes de la realización de la secuencia didáctica según valoración docente de pensamiento crítico, en pruebas de física clásica de ondas. Resultados del test final (sesión núm. 10), según grado de confianza dada por los estudiantes a:
□	Manejo del modelo de pensamiento clásico: Pensamiento básico o poco evolucionado.
△	Manejo del modelo de pensamiento semiclásico: Pensamiento confuso o parcialmente evolucionado.
×	Manejo del modelo de pensamiento cuántico: Pensamiento avanzado o significativamente evolucionado.

Fuente: elaboración propia.

A falta de realizar la validación del instrumento (que se efectuará durante 2024, mediante la técnica de validación por expertos) y el correspondiente análisis cualitativo de la evolución en las respuestas ofrecidas en cada uno de los nueve cuestionarios que conforman las correspondientes sesiones, de la figura 14.3, parece deducirse que los modelos de pensamiento cuántico (los más correctos) consiguen sustituir a los otros dos, en todas las

habilidades, excepto en la de comprensión. Esto indicaría que el estudiante promedio sí evoluciona hacia habilidades de pensamiento más elevadas, pero no consigue hacerlo con una base sólida, porque se sigue apoyando mayoritariamente en ideas clásicas, aunque sea capaz de manejar un mayor número de conceptos que le facilitan resolver correctamente los ejercicios.

Conclusiones y trabajo futuro

La implementación de una secuencia didáctica, basada en la estrategia de fomento de los niveles más altos de pensamiento crítico, mediante lecturas histórico-filosóficas y debates socráticos, en torno al fenómeno de la dualidad onda-partícula, se está efectuando desde 2023 mediante pruebas piloto, a falta de validar por expertos dicho instrumento y comenzar el correspondiente análisis cualitativo, esperándose identificar rigurosamente los cambios y evoluciones en los modelos de pensamiento que los resultados preliminares cuantitativos parecen estar arrojando.

Con esta estrategia filosófica, aunque puede que se estén modificando al alza las habilidades de pensamiento crítico más elevadas, parece que estas se siguen apoyando mayoritariamente en modelos de pensamiento clásico, cuando se cuestiona a los estudiantes por el grado de comprensión de un fenómeno, a pesar de obtener buenos resultados en la habilidad de aplicación, en la cual otorgan un peso importante al modelo correcto, el cuántico, confirmando que siguen siendo capaces de resolver problemas correctamente, aunque con bases conceptuales débiles.

Ya que esta investigación no se trata de medir ganancias conceptuales, esta contrariedad no debe significar un factor de pesimismo, puesto que, aunque suene extraño, hay que recordar que no se pretende encontrar una estrategia pedagógica para que el estudiante mejore su comprensión de una fenomenología tan misteriosa y singular como es cualquiera relacionada con la cuántica, sino observar, identificar y valorar qué cambios mentales se producen al enfrentarse a esos fenómenos y cómo se expresan en forma de un distinto manejo de las habilidades de pensamiento crítico más elevadas, en particular las de síntesis y argumentación. Los resultados son esperanzadores, entre otras razones, porque no es habitual que a los estu-

diantes se les anime a desarrollar estas destrezas, más allá de las que se quedan en el conocimiento y la comprensión (las más bajas, aunque fundamentales para poder sostener a las demás).

Agradecimientos

Este trabajo está siendo supervisado por el doctor José Gilberto Castrejón Mendoza y la doctora Pamela Geraldine Olivo Montaña, a quienes se debe parte de la labor investigativa que se ha mostrado. Igualmente, es de reconocer el interés mostrado por el Instituto Politécnico Nacional de México, para dar visibilidad a la labor que están realizando sus estudiantes de posgrado.

Referencias

- [1] Facione, P. (2007). Pensamiento crítico: ¿Qué es y por qué es importante? *Insight Assessment*, 22, 23-56.
- [2] Aroca, S. Y., Fonseca, L. R- y Borges, R. E. (2021). Análisis de supervivencia aplicado a la deserción en estudiantes de ingeniería. *Noria: Investigación Educativa*, 1(7), 13-32.
- [3] Malaver, C. (2023, 13 de abril). Alerta por cierre de admisiones en programas académicos de la Distrital. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/bogota/universidad-distrital-alerta-por-cierre-de-programas-academicos-758823>.
- [4] Kalkanis, G., Hadzidaki, P., y Stavrou, D. (2003). An Instructional Model for a Radical Conceptual Change towards Quantum Mechanics Concepts. *Science Education*, 87(2), 257-80.
- [5] Efendi, M. Y., Cheng, T. H., Sa'diyah, E. H., Wulandari, D., Qosyim, A., y Suprpto, N. (2020). Study of the Implementation of Socratic Dialogue at History of Physics Course. *Studies in Philosophy of Science and Education*, 1(1), 7-20.
- [6] Boe, M. V., y Viefers, S. (2021). Secondary and University Students' Descriptions of Quantum Uncertainty and the Wave Nature of Quantum Particles. *Science & Education*, 32(2), 297-322.
- [7] Luna Scott, C. (2015, noviembre). *El futuro del aprendizaje, 2: ¿Qué tipo de aprendizaje se necesita en el siglo XXI?* (Investigación y Prospectiva en Educación: Documentos de Trabajo, 14). UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000242996_spa.
- [8] Laiton, I. (2010). ¿Es posible desarrollar el pensamiento crítico a través de la resolución de problemas en física mecánica? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(1), 54-70.

- [9] Raynaudoa, G., y Peralta, O. (2017). Cambio conceptual: Una mirada desde las teorías de Piaget y Vygotsky Liberabit. *Revista Peruana de Psicología*, 23(1), 137-48.
- [10] Moreira, M. A., y Greca, I. M. (2003). Cambio conceptual: Análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciencia & Educacao*, 9(2) 301-15.
- [11] Red Interamericana de Educación Docente (RIED) (2015). Caja de herramientas: Pensamiento crítico. OEA. <https://www.oas.org/es/ried/pdf/pensamiento%20critico%20caja%20de%20herramientas.pdf>.
- [12] Pujawan, I. G., Rediani, N. N., Antara, I. G., Putri, N. N., y Bayu, G. W. (2022, marzo). Revised Bloom Taxonomy-Oriented Learning Activities to Develop Scientific Literacy and Creative Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 47-60. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i1.34628>.
- [13] Watson, G., y Glaser, E. (2002). *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal*. Pearson.
- [14] Facione, N. C., Facione, P. A., y Sánchez, C. A. (1994). Critical Thinking Disposition as a Measure of Competent Clinical Judgment: The Development of the California Critical Thinking Disposition. Inventory. *Journal of Nursing Education*, 33(8), 345-50. <https://doi.org/10.3928/0148-4834-19941001-05>.
- [15] Sahin, H. (2018). *Cross-Cultural Validation of the Cornell Critical Thinking Test: Evidence for Item and Measurement Invariance* [Tesis doctoral]. Washington State University, Estados Unidos.
- [16] Halpern, D. F. (1998). Teaching Critical Thinking for Transfer Across Domains: Disposition, Skills, Structure Training, and Metacognitive Monitoring. *American Psychologist*, 53(4), 449.
- [17] Ennis, R. H., y Weir, H. (1985). *The Ennis-Weir Critical Thinking Essay*. Midwest.
- [18] Ortiz-Morales, E. F. (2016). *Evaluación estandarizada del pensamiento crítico en la educación media colombiana: Elementos para promover practicas pedagógicas basada en perspectivas pedagógicas curriculares constructivistas* [Tesis doctoral]. Universidad de los Andes, Colombia.
- [19] Beltrán, M., y Torres, N. (2009). Caracterización de habilidades del pensamiento crítico en estudiantes de educación media a través del test HCTAES. *Revista del Instituto de Estudios en Educación Universidad del Norte*, 11, 66-85.
- [20] Gómez Velasco, N. Y., Emilce Jiménez, A., y Ortiz Padilla, M. (2019). Elementos de validación y fiabilidad del test HCTAES para estudiar el pensamiento crítico en estudiantes de Psicología [Ponencia]. XXI Encuentro Internacional Virtual Educa, Perú.
- [21] Betancourth, S., Zambrano, C. A., y Ceballos, A. K. (2022). Escala de pensamiento crítico adaptada en estudiantes universitarios de Colombia, México y Chile. *Revista de Educación*, 25(1), 157-174.
- [22] Tiruneh, D. T., De Cock, M., Weldeslassie, A. G., Elen, J., y Janssen, R. (2016). Measuring Critical Thinking in Physics: Development and Validation of a Critical Thinking Test in Electricity and Magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 663-682.
- [23] Bouchee, T., De Putter-Smits, L., Thurlings, M., y Pepin, B. (2022). Towards a Better Understanding of Conceptual Difficulties in Introductory Quantum Physics Courses. *Studies in Science Education*, 58(2), 183-202.

- [24] Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A., y Van Joolingen, W. R. (2017). Insights into Teaching Quantum Mechanics in Secondary and Lower Undergraduate Education. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010109>.
- [25] Hoehn, J. R., Gifford, J. D., y Finkelstein, N. D. (2019). Investigating the Dynamics of Ontological Reasoning across Contexts in Quantum Physics. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010124. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010124>.
- [26] Céspedes Guevara, N. Y. (2026). *Análisis del fenómeno dualidad onda-partícula desde la producción del conocimiento* [Tesis doctoral]. Facultad de Educación, Universidad Santo Tomas, Colombia.
- [27] Bentaleb, K. A., Dachraoui, S., Alibrahimi, E. M., Hassouni, T., Chakir, E., y Belboukhari, A. (2022). Development of a Survey to Assess Conceptual Understanding of Quantum Mechanics among Moroccan Undergraduates. *European Journal of Educational Research*, 11(4), 2219-243.
- [28] Ortiz-Pérez, R. (2017). Test conceptual de Física cuántica para estudiantes de ingeniería. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19(4), 35-49.
- [29] McKagan, S. B., Perkins, K. K., y Wieman, C. E. (2010). Design and Validation of the Quantum Mechanics Conceptual Survey. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 6(2), 020121. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020121>.
- [30] Wuttiptom, S., Sharma, M. D., Johnston, I. D., Chitree, R., y Soankwan, C. (2009). Development and Use of a Conceptual Survey in Introductory Quantum Physics. *International Journal of Science Education*, 31(5), 631-54.
- [31] Taslidere, E. (2016). Development and Use of a Three-Tier Diagnostic Test to Assess High School Students' Misconceptions about the Photoelectric Effect. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 164-186.
- [32] Di Uccio, U. S., Colantonio, A., Galano, S., Marzoli, I., Trani, F., y Testa, I. (2019). Design and Validation of a Two-Tier Questionnaire on Basic Aspects in Quantum Mechanics. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010137. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010137>.
- [33] Gherab-Martin, K. (2022). Visualización de los objetos cuánticos en la interpretación de Copenhague: Una aproximación histórico-filosófica. *International Visual Culture Review*, 9(2), 371-395.
- [34] Chen, E. K. (2019). Realism about the Wave Function. *Philosophy Compass*, 14(7).
- [35] Lewis, P. J. (2019). *Quantum Ontology: A Guide to the Metaphysics of Quantum Mechanics*. Oxford University.
- [36] Okon, E. (2014). El problema de la medición en mecánica cuántica. *Revista Mexicana de Física E*, 60(2), 130-140.
- [37] Albert, D. Z. (1994). *Quantum Mechanics and Experience*. Harvard University.
- [38] Utter Impracticability of Aeronautics & Favorable Opinion on Wireless [Entrevista a Lord Kelvin]. (1902, 26 de abril). *The Newark Advocate*. https://zapatopi.net/kelvin/papers/interview_aeronautics_and_wireless.html.
- [39] ReleQuant (s/f). Quantum Physics. <https://www.viten.no/filarkiv/quantum-physics>.

Sobre los autores

Alcázar Guzmán, Anahí

Estudia un doctorado en Física Educativa en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada en el Instituto Politécnico Nacional, en el CICATA, unidad Legaria, en la Ciudad de México, realizando investigación con el tema emergente de “Juego serio para el aprendizaje significativo de la física en nivel superior”, contribuye en la línea de generación y aplicación del conocimiento de tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza de las ciencias. Obtuvo una maestría en Docencia en la Universidad Autónoma de Occidente, unidad regional Los Mochis. Ha dirigido y participado en diversos proyectos para la enseñanza de física, matemáticas, logística y calidad.

Cuenta con licenciatura en Ingeniería Industrial y de Sistemas en la misma institución, donde destacó por su proyecto de tesis sobre la creación de una “Metodología Lean” para el personal de la embotelladora del Valle del Fuerte. Antes de su carrera como docente adquirió experiencia laboral significativa, desempeñándose como certificadora, tallerista y docente en el fortalecimiento del pensamiento matemático en la Comisión Nacional de Seguridad, específicamente en Penales Federales, ubicados en Islas Marías, Jalisco y Nayarit.

La maestra Alcázar ha desempeñado diversos roles académicos de relevancia, incluyendo la revisión de proyectos de exprogenios en ciencias, la evaluación de tesis de estudiantes y el acompañamiento como tutora. Además, ha contribuido significativamente como coautora en importantes aportaciones científicas, como “Uso de robot para enseñanza de matemáticas en aulas” y “Metodología sistémica y realidad virtual: Afrontando obstáculos didácticos en la enseñanza de la ingeniería”.

Desde hace 11 años ejerce como docente en el programa académico de Ingeniería Industrial del departamento de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Occidente, unidad regional Los Mochis. En este rol se especializa en áreas de acentuación de calidad y logística, y brinda apoyo en las necesidades de otros programas relacionados con áreas de físico-matemáticas. No solo destaca por su amplia trayectoria académica y laboral, sino también por su compromiso con la colaboración internacional. Actualmente participa de forma activa en proyectos COIL (Collaborative Online International Learning) en el proyecto de Física-Mecánica, conexión latina México-Colombia, estableciendo vínculos entre México y Colombia, y “Diseño de videojuegos educativos” con la Universidad Autónoma de Yucatán. Esta iniciativa refleja su interés y compromiso en promover la colaboración académica y el intercambio de conocimientos más allá de las fronteras nacionales, enriqueciendo así la experiencia educativa de sus estudiantes y contribuyendo al desarrollo de la comunidad académica a nivel internacional.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8008-4579>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Anahi-Alcazar-Guzman>.

Google Académico: <https://scholar.google.com/citations?user=bhnsyu4AAAAJ&hl=en>.

Correo electrónico: aalcazarg2200@alumno.ipn.mx

Ávila García, Guillermina

Doctora en Ciencias en Física Educativa por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA), unidad Legaria. Profesora adscrita al Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11 del Instituto Politécnico Nacional (IPN), profesora externa en CICATA y del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales (CIECAS, IPN).

Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI), N1. Cuenta con 12 artículos, ocho capítulos de libro, 19 participaciones en congresos nacionales e internacionales, dirige proyectos de investigación aprobados por la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del IPN. Es miembro de dos redes del IPN: Red de los Seminarios Repensar (RSR) y Red de Innovación e Investigación Educativas (RIED); de la Sociedad Mexicana de Computación (SOMECE, México) y de la Mesa Interamericana de Diálogo por la Educación Científica (MI-DEC, Argentina).

Directora y codirectora en tesis de posgrado en CIECAS y CICATA.

Líneas de investigación: didáctica de la física, modelación matemática, uso inteligente de la tecnología.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5229-3384>.

Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57781072000>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Guillermina-Avila-Garcia>.

Google Académico: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=uVTVPwAAAAJ>.

Correo electrónico: gavilag@ipn.mx

Benítez Barajas, Luis Jorge

Doctor en Ciencias de la Arquitectura por la Universidad Internacional del Atlántico (Florida, Estados Unidos) y doctorando en Ciencias en Física Educativa por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) Legaria, del Instituto Politécnico Nacional (IPN) (México). Obtuvo la maestría en Ciencias de la Arquitectura y la licenciatura de Ingeniero Arquitecto en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIA) unidad Tecamachalco del IPN. Cuenta con estudios especializados en filosofía por la Harvard University. Actualmente se desempeña como profesor de licenciatura y posgrado en la unidad académica de Ingeniería y Arquitectura de la ESIA Tecamachalco del IPN. Miembro de la Asociación Americana de Profesores de Física (AAPT), sección México. Líneas de investigación en el IPN en física educativa, inteligencia artificial y ciencia de datos, con el proyecto sobre la metodología del caso en física educativa. Ponente en la XXV reunión anual AAPT-MX, con el tema “Método del caso para aprender principios de física en mecánica estructural”.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4038-8623>.

IPN: <https://ipn.elsevierpure.com/en/persons/luis-jorge-ben%C3%ADtez-barajas>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Luis-Benitez-Barajas>.

Google Académico Id: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=17Jkg7YAAAAJ>.

Academia: <https://independent.academia.edu/LuisJorgeBen%C3%ADtezBarajas>.

Correo electrónico: lbenitezb@ipn.mx

Camacho Medina, Edgar Alejandro

Maestro en Ciencias por la Universidad Autónoma de Sinaloa en Enseñanza de la Física, obtuvo el grado de licenciado en Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería Culiacán de la Universidad Autónoma de Sinaloa y actualmente es estudiante del doctorado en Ciencias en Física Educativa en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional (CICATA-IPN). Es profesor de asignatura base adscrito a la Facultad de Ingeniería Culiacán de la Universidad Autónoma de Sinaloa en Culiacán, Sinaloa, México.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9428-536X>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Camacho-Medina>.

Correo electrónico: edgar.cam@gmail.com

Camelo Avedoy, Vladimir

Obtuvo la maestría en Ciencias en Física y la licenciatura en Física por la Universidad de Guadalajara.

Se ha desempeñado como profesor en el departamento de física del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara. En la actualidad es estudiante de doctorado en física educativa, becado por el Conahcyt, en el Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional (CICATA-Legaria-IPN).

Ha publicado “Comprensión conceptual de electromagnetismo en el laboratorio mediante aprendizaje basado en problemas (ABP)” (*Brazilian Journal of Development*, 2022) y es coautor de *Elementos de mecánica para ingeniería* (Astra, 2022).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0119-3741>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Vladimir-Camelo-Avedoy>.

Google Académico: <https://scholar.google.com/citations?user=dZOCyX8A AAAJ&hl=es>.

Academia: <https://independent.academia.edu/VladimirCameloAvedoy>.

Correo electrónico: vladimir.camelo@academicos.udg.mx

Carrillo Ibarra, Iliana Cristina

Licenciada en Física y Matemáticas (ESFM-IPN), maestra en Ciencias y doctora en Ciencias, con especialidad en Matemáticas por el CINVESTAV-IPN. Líneas de investigación: topología, teoría de operadores y análisis funcional. Ha publicado

artículos de investigación en las áreas mencionadas. Actualmente es profesora en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Estado de México; y en la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del IPN.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0301-9378>.

Academia: <https://cinco-itesm.academia.edu/IlianaCarrilloIbarra>.

Correo electrónico: icarrillo@ipn.mx

Castrejón, Gilberto

Licenciado en Física y Matemáticas (ESFM-IPN); licenciado en Filosofía (FFYL-UNAM); maestro en Ciencias en Metodología de la Ciencia (CIECAS-IPN); doctor en Filosofía de la Ciencia por la UNAM. Actualmente es profesor-investigador en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de la Ciudad de México. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores del Conahcyt. Es autor de los libros de ensayo *Erotismo y religión en Bataille* (Quivira/UNAM, 2011); *Estudios cruzados sobre Foucault* (Editorial Académica Española, 2012), y el poemario *El acto de crear presencia* (Lord Byron, 2014). Algunos de sus artículos de investigación han aparecido en revistas de circulación internacional.

Líneas de investigación: filosofía de la ciencia, epistemología kantiana y didáctica de la física.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4133-6163>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Gilberto-Castrejon>.

Google Académico: <https://scholar.google.com.mx/citations?user=IV5JFhMAAAAJ&hl=es>.

Academia: <https://ipn.academia.edu/GilbertoCastrejón>.

Correo electrónico: gcastrejón@ipn.mx

De la Cruz Sosa, Carlos

Doctor en Educación, maestro en Ciencias Computacionales. Docente de la Academia de Telemática de la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional (UPIITA-IPN), México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1269-7920>.

Google Académico: <https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Cruz-40>.

Correo electrónico: cdelacruz@ipn.mx

Del Carmen Cervantes, Juan José

Maestro en Ciencias en Física Educativa por el Instituto Politécnico Nacional (México), obtuvo una especialidad en Educación en la Línea de Competencias Docentes por la Universidad Pedagógica Nacional (México) y la Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional. Se ha desempeñado como director de la Preparatoria Regional de Chipiltepec, incorporada a la Universidad Autónoma del Estado de México, como coordinador de carrera y profesor de diversas asignaturas del programa académico de Técnico en Sistemas Digitales en el Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 3 del Instituto Politécnico Nacional. Ha participado en el rediseño del plan de estudios de nivel medio superior tanto en la Universidad Autónoma del Estado de México como en el Instituto Politécnico Nacional. Ha publicado los resultados de la investigación del estudio de la Didáctica filosófica para el aprendizaje del concepto de masa y peso con niños de educación primaria en México en 2023.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9527-130X>.

Google Académico: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=GuKjTjQAAAAJ>.

Correo electrónico: jdelcarmenc@ipn.mx

Escobar Moreno, Fabiola

Doctora en Ciencias con especialidad en Física Educativa por el IPN (México), Maestra en Ingeniería por el Tecnológico de Monterrey, obtuvo la licenciatura de Ingeniería Química por el Tecnológico Nacional de México (campus Minatitlán) y la licenciatura en Derecho por la Universidad Veracruzana.

Se ha desempeñado como asistente técnico en Mexichem Derivados y fue profesora en la Academia de Física de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del IPN. Es miembro de la Red de Seminarios Repensar del IPN y miembro del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras, nivel 1, del Conahcyt, en México. Sus intereses de investigación son la didáctica de la física e ingeniería y la neuroeducación.

Ha publicado: “Las prácticas académicas de los estudiantes en un posgrado en Ciencias” (*ConCiencia EPG*, 2024); “El desarrollo de la alfabetización visual con el

modelo 5E para el aprendizaje de las Leyes de Newton” (*Diálogos sobre Educación*, 2023), y “Diseño, implementación y resultados de un taller para estudiantado reprobado de física universitaria en ingeniería química” (*Educare*, 2023).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8958-2075>.

Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58069677500>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Fabiola-Escobar-Moreno-2198725477>.

Google Académico: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=mRXxi2kAAAAJ>.

Academia: <https://independent.academia.edu/FabiolaMoreno64?swp=rr-ac-73591883>.

Correo electrónico: fescobar@ipn.mx

Flores Cruz, Jesús Alberto

Cuenta con un doctorado en Ingeniería de Sistemas por parte de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y eléctrica unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional. Tiene el reconocimiento de candidato a investigador nacional otorgado por el Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores, es especialista en tecnologías de última generación aplicadas a la educación, donde se ha enfocado a realizar investigaciones en áreas como los sistemas de realidad virtual, realidad aumentada, juego serio, y simuladores virtuales, y recientemente en inteligencia artificial, todas ellas aplicadas a la enseñanza de las ciencias. También obtuvo una maestría en Ingeniería de Sistemas, por parte de la misma sección de posgrado. Es también ingeniero electricista por la Universidad Autónoma Metropolitana.

Dentro de la administración pública ha ocupado diversos cargos, como el de subdirector académico, subdirector de Relaciones Industriales y jefe del Departamento de Servicios Tecnológicos de la Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl, así como el de subdirector de Vinculación del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN (CICATA-Legaria).

Es parte del cuerpo académico del posgrado de Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN unidad Legaria (CICATA-Legaria), dentro de la línea de aplicación y generación del conocimiento: tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza de las ciencias.

Dentro de su productividad científica, el doctor Flores es autor del libro *Metodología sistémica y realidad virtual: Afrontando obstáculos didácticos en la enseñanza de la ingeniería*, así como también de cinco capítulos de libro y diversos artículos científicos.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7816-4134>.

Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57200091489>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Flores-Cruz-2>.

Google Academic: <https://scholar.google.es/citations?user=Yb5v6OYAAAAJ&hl=es&oi=ao>.

Academia: <https://ipn.academia.edu/JesusAlbertoCruz>.

Correo electrónico: jafloresc@ipn.mx

García-Salcedo, Ricardo

Doctor en Ciencias (Física) por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional, con una maestría en Ciencias (Opción Física No lineal) de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México, y una licenciatura en Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México. Se desempeña como profesor titular A (estancia posdoctoral) en el Cinvestav. Además, ha trabajado como técnico académico de tiempo completo B y profesor investigador medio tiempo categoría A en la Universidad Autónoma del Estado de México. Destacado director de varios proyectos de investigación actualmente lidera investigaciones sobre distribución de electrones en materiales semiconductores, espectros de emisión fotoluminiscente en sistemas ZRO₂, cosmología de Brans-Dicke, y análisis estadístico computacional para el estudio de la energía oscura en el universo. Ha publicado libros y artículos científicos en diversas revistas especializadas, contribuyendo significativamente al campo de la física.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0173-5466>.

Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506535936>.

Google Académico: <https://scholar.google.com.mx/citations?hl=es&user=6ZfbVIwAAAAJ>.

Academia: <https://independent.academia.edu/RicardoGarc%C3%ADaSalcedo?nbs=user>.

Correo electrónico: rigarcias@ipn.mx

González Erives, Fernanda

Actualmente es estudiante de la maestría en Ciencias en Física Educativa por el CICATA del IPN, cuenta con una maestría en Administración de Negocios con especialidad en Finanzas otorgada por la Universidad Tecmilenio y una licenciatura en Ingeniería Aeronáutica obtenida en la Universidad Politécnica de Chihuahua.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7009-8556>.

Academia: <https://independent.academia.edu/FernandaGonzalez134>.

Correo electrónico: fernandagerives@gmail.com

González-Villarreal, María Fernanda

Maestra en Ciencias en Física Educativa por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional. Obtuvo la licenciatura en Educación Preescolar en la Escuela Normal Particular Autorizada Universidad Veracruz de Guadalajara (México).

Se ha desempeñado como maestra titular bilingüe de maternal y preescolar en distintas instituciones privadas en Guadalajara y Querétaro. En la actualidad realiza investigaciones sobre física educativa y el enfoque STEAM aplicado en el nivel preescolar.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4037-2000>.

Academia: <https://independent.academia.edu/MariaFernandaGonz%C3%A1lezVillarreal>.

Correo electrónico: lep.fernandaglezv@gmail.com

Loya Ramírez, Priscila

Maestra en Ciencias en Física Educativa por el Instituto Politécnico Nacional de México. Posee una ingeniería en Aeronáutica de la Universidad Politécnica de Chihuahua y una licenciatura en Educación de la Universidad del Desarrollo Profesional. Actualmente se desempeña como docente de física en el Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chihuahua. Su área de investigación se centra en la didáctica de la física.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3561-8439>.

Correo electrónico: loyapriscula@gmail.com

Maffey García, Silvia Guadalupe

Doctora en Ciencias en Física Educativa por el CICATA del IPN (cédula profesional: 11038355), maestra en Ciencias en Matemática Educativa por el CICATA del IPN (cédula profesional: 6454271), y licenciada en Física y Matemáticas por la ESFM del IPN (cédula profesional: 4618892). Además, máster en Astronomía y Astrofísica por la Universidad Internacional de Valencia, España. Silvia se ha destacado por su participación en diversas publicaciones, como “Estilo de aprendizaje, herramienta para la educación en Física” (*Latin American Journal of Physics Education*, vol. 11, no. 4, diciembre de 2017) y “Del mar al concepto de función. Una propuesta didáctica” (*Latin American Journal of Science Education*, vol. 4, no. 2, noviembre de 2017). Asimismo, ha participado en proyectos de investigación, siendo responsable de iniciativas como “Uso didáctico del estudio de los magnetares” y “Aplicabilidad del modelo STEAM al aprendizaje de la física en el NMS”. Además, ha impartido cursos para docentes sobre temas como la comunicación de la investigación y el desarrollo de investigaciones en física educativa. Silvia Maffey García ha contribuido significativamente al ámbito de la educación en física y matemáticas, destacando por su compromiso académico y su participación en proyectos de investigación y divulgación científica.

Miembro de la Sociedad Mexicana de Física. Líneas de investigación: didáctica de la física con enfoque en el diseño didáctico y en la enseñanza de temas astronómicos, así como la divulgación científica. Publicaciones más recientes: “Personal exposure from free Wi-Fi hotspots in downtown Mexico City” (*Environmental Science and Pollution Research*, 30(39), 91216-91225); “Analysis between the different high school subsystems on the teaching of the topic origin of the life and astrobiology” (*Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica: Serie Conferencias*, 55, 139); “Relación entre los enfoques adoptados por los estudiantes en el desarrollo de actividades académicas y los resultados de aprendizaje” (*El Loro Huasteco*, 8(2), 2021); “¿Qué son los magnetares?” (En *Trabajos científicos en México*, tomo 5. Centro de Investigaciones en Óptica).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8770-6596>.

Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58602785500>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Silvia-Maffey>.

Google Académico: <https://scholar.google.es/citations?user=J78dFiIAAAA&hl=es>.

Academia: <https://ipn.academia.edu/SilviaMg>.

Correo electrónico: smaffey@ipn.mx

Mora Ley, César Eduardo

Doctor en Física por la Universidad Autónoma Metropolitana (México) y doctor en Educación por la Universidad de Burgos (España). Obtuvo la maestría en Ciencias en Física en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, y la maestría en Filosofía Aplicada en la Universidad Vasco de Quiroga. Es licenciado en Física y licenciado en Educación Matemática por la Universidad de Guadalajara.

Se ha desempeñado como profesor del posgrado en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. En la actualidad es investigador nacional nivel I del Conahcyt, donde realiza investigaciones sobre aprendizaje activo de la física mediante tecnología, la implementación del modelo STEAM y la aplicación de la semiótica en la enseñanza de la física. También es miembro fundador de la División de Enseñanza de la Sociedad Mexicana de Física y editor asociado de la *Revista Mexicana de Física E*.

Es coautor de *Aprendizaje activo de la física: Clases demostrativas interactivas* (Comunicación Científica, 2021, <https://doi.org/10.52501/cc.007>), y coordinador de *La enseñanza de la física y el modelo STEM* (Comunicación Científica, 2023, <https://doi.org/10.52501/cc.037>).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6607-0429>.

Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36905328100>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Cesar-Mora>.

Google Académico: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=pv6BqGIAAAAJ>.

Academia: <https://ipn.academia.edu/CésarEduardoMoraLey>.

Correo electrónico: cmoral@ipn.mx

Navarrete Manzanilla, Niels Henrik

Licenciado en Sistemas Computacionales, maestro en Ciencias de la Computación. Se ha desempeñado en diversos puestos en la iniciativa privada. Actualmente es subdirector de Servicios Educativos e Integración Social de la UPIITA-IPN.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7938-6342>.

Google Académico: <https://scholar.google.com.mx/citations?hl=es&user=1-jUwSAAAAAJ>.

Correo electrónico: nnavarretem@ipn.mx

Neira Tovar, Leticia Amalia

Leticia Amalia Neira Tovar realizó el doctorado en Administración Estratégica Internacional en la Universidad Autónoma de Tamaulipas, la maestría en Informática en la Universidad Autónoma de Nuevo León, cuenta con una especialidad en Mercados Electrónicos por la Universidad de Monterrey y la licenciatura en Ingeniería de Sistemas en la Universidad Autónoma de Nuevo León. En los últimos 12 años ha participado en el programa doctoral de Tecnologías de información dentro de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) en la Universidad Autónoma de Nuevo León y forma parte del Centro de Innovación, Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Tecnología (CIIDIT), en el laboratorio de software donde utilizan las tecnologías de realidad virtual y mixta, enfocados en proyectos de entrenadores virtuales y educativos en el CIIDIT dentro del Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT). Es coordinadora de proyectos de tecnología emergente en la subdirección administrativa de la FIME. Actualmente está a cargo del laboratorio de realidad virtual e inmersiva (FIME-UANL). Cuenta con la certificación de Scrum Master y Scrum Developer para el seguimiento y guía de proyectos. Actualmente es miembro de Scrum Alliance y de IEEE R9 – Latin America con Member number: 96758515.

En los últimos 10 años ha participado en proyectos de investigación sobre juegos serios para simular procesos industriales de educación y de salud.

Últimas publicaciones: “A proposal immersive virtual reality application for training in a robotic area” (*Proyectos Institucionales y de Vinculación*, (21), enero-junio de 2023); “An overview study of the skills development in distance education at the higher education level in the area of information technology in public universities during covid-19” (*Daena*, 17(3), noviembre de 2022), y “A method to improve the design of virtual reality games in healthcare applied to increase physical activity in patients with type 2 diabetes mellitus” (*Applied Sciences*, 13(1), 2023, <https://doi.org/10.3390/app13010050>).

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7346-0863>.

Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56820044100>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Leticia-Tovar>.

Google Académico: <https://scholar.google.com.mx/citations?user=I0IB6UgAAAAJ&hl=en>.

Correo electrónico: leticia.neiratv@uanl.edu.mx

Olvera Aldana, Miguel

Licenciado en Física y Matemáticas, maestro en Ciencias en Física por la ESFM-IPN. Doctor en Ciencias en Física Educativa. Ha sido profesor de la Escuela Superior de Cómputo y de la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas del IPN. Ha publicado artículos de investigación en el área de Física Educativa. Es coautor del libro *El modelo por competencias y el aprendizaje de la física* (Colofón, 2017). Actualmente es profesor-investigador en el CICATA, unidad Legaria. Líneas de investigación: didáctica de la física.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3508-5556>.

Correo electrónico: molveraa@ipn.mx

Ramírez de León, César Armando

Es actualmente becario del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt), cursando el doctorado en Ciencias en Física Educativa en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA-Legaria) perteneciente al Instituto Politécnico Nacional. Posee una maestría en Ciencias en Ingenierías de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, de la cual se graduó con distinciones de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura. Paralelamente, realiza estudios de maestría en Educación con especialidad en Innovación y Tecnología Educativa en la Universidad del Valle de México, campus Zapopan. Es ingeniero en Electrónica en Telecomunicaciones y técnico en Electrónica Industrial con especialización en automatización. Actualmente ocupa el cargo de coordinador de Programa Campus en la Universidad del Valle de México, campus Zapopan. A ejercido como docente a nivel maestría en la Universidad LAMAR, específicamente en el programa de Gestión de Proyectos. Es miembro activo de la Sociedad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (Solacyt) y del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco (Coecytjal), donde participa en el diplomado en Gestión de Tecnología e Innovación con enfoque en la gestión de proyectos tecnológicos. Las líneas de investigación de César Ramírez abarcan, en el nivel doctorado, temas como educación 4.0, la aplicación de realidad Aumentada en procesos de enseñanza-aprendizaje en física educativa e industria 4.0. A nivel de maestría, se ha enfocado en el análisis de procesos de ingenierías, análisis de ciclo de vida, biorrefinerías, biomasa, biotecnología y tecnologías educativas. En el sector privado ha destacado como asesor principal en un proyecto de reutilización de condensados de sistemas HVAC para Baker Hughes, contribuyen-

do a la recertificación ambiental de la empresa. Su participación académica se extiende a colaboraciones internacionales, impartiendo clases y conferencias en temas de automatización industrial con la Universidad Privada del Norte de Perú, asociada a Laureate International Universities.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2616-5918>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Cesar-Armando-Ramirez-De-Leon>.

Google Académico: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=cU9ivWAAAAAJ>.

Academia: <https://uvmnet.academia.edu/CesarArmandoRamirez>.

Correo electrónico: armando.ramle@gmail.com

Ramírez Díaz, Mario Humberto

Licenciatura en Física y Matemáticas (ESFM-IPN), maestría en Ciencias con especialidad en Física (ESFM-IPN), doctorado en Ciencias en Física Educativa (CICATA Legaria-IPN), posdoctorado en Política Educativa, Estudios Sociales y Culturales (Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II. Profesor titular C, profesor invitado en el Instituto de Especialidades Pedagógicas de la Universidad Austral de Chile. Autor de artículos en revistas del área de la física educativa como *The Physics Teacher*, *European Journal on Physics Education*, *Physics Education*, *Journal on Physics Conference Series*, *Innovación Educativa*, *Perfiles Educativos*, *Formación Universitaria*, *Transylvanian Review*, *Revista Mexicana de Física E*, entre otras. Autor de varios libros sobre estilos de aprendizaje, modelo por competencias, física educativa. Director de proyectos de investigación en IPN y Conahcyt acerca de diversos temas de la enseñanza de las ciencias. Principales líneas de investigación: estilos de aprendizaje en física, modelo por competencias, enseñanza de la física en niveles básicos, formación de profesores de física.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3459-2927>.

Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=51964582700>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Mario-Ramirez-Diaz>.

Google Académico: <https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=e74IUj8AAAAAJ>.

Academia: <https://ipn.academia.edu/MarioHumbertoRamirezDiaz>.

Correo electrónico: mramirezd@ipn.mx

Ruiz Mendoza, Juan Carlos

Doctor en Ciencias Pedagógicas por la Universidad de Camagüey (2005), maestría en Física Aplicada en el Centro de Investigación Científica de Ensenada, Baja California (CICESE), México, año 1978, licenciado en Física por la UANL y año 1975. Profesor e investigador de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5227-3025>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Juan-Carlos-Mendoza-10>.

Google Académico: <https://scholar.google.com.mx/citations?hl=es&user=eqoPkPkAAAAJ>.

Correo electrónico: juan.ruizmn@uanl.edu.mx

Sánchez Sánchez, Rubén

Doctor en Ciencias con especialidad en Física por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional (IPN); profesor de tiempo completo en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN (CICATA-Legaria), y miembro del posgrado en Física Educativa y del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4393-8512>

Google Academic: <https://scholar.google.com/citations?user=gG-fRAXwAAAAJ&hl=en>

Santana Fajardo, José Luis

Licenciado en Matemáticas por la Universidad de Guadalajara; maestro y doctor en Ciencias en Física Educativa por el Instituto Politécnico Nacional. Cuenta con experiencia docente en física y matemáticas a nivel bachillerato general, bachillerato tecnológico y licenciatura. Recibió la presea Lázaro Cárdenas en 2016. Autor de publicaciones en revistas de circulación nacional como *CienciaUAT*, *Innovación Educativa* y *Reencuentro*; de circulación internacional como *Góndola*. Ponente en congresos nacionales e internacionales. Miembro de la Asociación Americana de Profesores de Física sección México (<https://aaptmx.com>) de 2013 a la fecha. Experiencia en diseño curricular y diseño de programas de cursos de física para bachillerato general y tecnológico, así como de formación de docentes en matemática y física. Líneas de investigación: desarrollo y evaluación de competencias en física, evaluación educativa, formación de profesores de física.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7048-2648>.

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Jose-Santana-Fajardo>.

Google Académico: <https://scholar.google.com/citations?user=ZPv8I6YAAAJ&hl=es&oi=ao>.

Academia: <https://guadalajara.academia.edu/LuisSantana>.

Correo electrónico: jose.sfajardo@academicos.udg.mx

Sierra Vite, Magaly

Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones (UAEH), especialidad en Competencias Docentes (UPN), maestría en Educación en Ciencias (ITESM), estudiante del doctorado en Ciencias en Física Educativa (CICATA Legaria-IPN). Profesora por asignatura en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), y presidenta de la Academia de Matemáticas en la misma institución.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6086-8774>.

Academia: <https://independent.academia.edu/MagalySierraVite>.

Correo electrónico: sierra_magaly@hotmail.com

Tuero-O'Donnell Zulaica, Jesús Diego

Máster universitario en Astronomía y Astrofísica por la Universidad Internacional de Valencia (España) y máster universitario en Energías Renovables por la Universidad Europea de Madrid. Cuenta con estudios de especialización en Energía Eólica y de Matemáticas Discretas, ambos por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (España), así como un diplomado en Docencia Universitaria por la Universidad Católica de Oriente (Colombia), un diplomado internacional en Docencia para la Investigación Científica por la Fundación Universitaria Colombo Alemana (Colombia) y un diplomado en Educación Virtual por la Universidad Pontificia Bolivariana (Colombia). Obtuvo su licenciatura en Ciencias Físicas en la Universidad Nacional de Educación a Distancia (España) y el título de Ingeniero Técnico Industrial en la Universidad de Cantabria (España).

Su área de investigación se centra en la física educativa y en el desarrollo de estrategias novedosas para el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico. Actualmente ocupa el cargo de docente interno en el Centro de Ciencias Básicas de la Universidad Pontificia Bolivariana (Montería, Colombia). Sus trabajos más recientes fueron la publicación de la ponencia *Una posible aplicación de la física eléctrica en la ingeniería civil* (Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, ACOFI, 2023); la ponencia *Modificaciones en los niveles de pensamiento crítico, al*

emplear estrategias filosóficas en el aprendizaje de la dualidad onda-partícula, (XVI Reunión Anual de la Asociación American de Profesores de Física, AAPT-MX, Ensenada, Universidad Autónoma de Baja California, México, 2023), y la ponencia *Diseño y construcción de una máquina de Wimshurst, para la enseñanza de la electrostática en la UPB* (II Congreso Internacional de Innovación Tecnológica y Procesos Curriculares, Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia, 2023). Proyecto de Investigación que se encuentra desarrollando: “La evolución del pensamiento crítico mediante estrategias filosóficas para la enseñanza de conceptos de física moderna” (CICATA, unidad Legaria, Instituto Politécnico Nacional de México. Director: José Gilberto Castrejón Mendoza).

Últimas publicaciones: *Una posible aplicación de la física eléctrica en la ingeniería civil* (Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, ACOFI, 2023, Cartagena de Indias, <https://doi.org/10.26507/paper.2844>); *Diseño y construcción de una máquina de wimshust para la enseñanza de la electrostática en la UPB* (II Congreso Internacional de Innovación Tecnológica y Procesos Curriculares, Montería, Colombia, 2023), y *Modificaciones en los niveles de pensamiento crítico, al emplear estrategias filosóficas en el aprendizaje de la dualidad onda-partícula* (XVI Reunión Anual de la Asociación Americana de Profesores de Física, Ensenada, México, 2023).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4416-4417>.

Correo electrónico: jesustuero@hotmail.com

*Nuevas perspectivas de la investigación
en física educativa* de Jesús Alberto Flores

Cruz, Rubén Sánchez Sánchez (coords.), publicado
por Ediciones Comunicación Científica, S. A. de C. V., se
terminó de imprimir en noviembre de 2024, en los talleres de
Litográfica Ingramex S.A. de C.V., Centeno 162-1, Granjas Esmeralda,
09810, Ciudad de México. El tiraje fue de 100 ejemplares impresos y en
versión digital para acceso abierto en los formatos PDF, EPUB y HTML.

El libro *Nuevas perspectivas de la investigación en física educativa* es una compilación valiosa en el ámbito de la enseñanza de la física. Consta de tres secciones que agrupan catorce investigaciones, destacando enfoques pedagógicos contemporáneos, como el aprendizaje basado en proyectos, la realidad aumentada y las tecnologías de aprendizaje y conocimiento (TAC). En la primera parte, se exploran estudios sobre la didáctica de la física, donde se correlacionan estrategias pedagógicas con logros en el aprendizaje, mientras que la segunda sección se enfoca en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) aplicadas a la enseñanza de las ciencias. La tercera parte aborda la epistemología de las ciencias, ofreciendo reflexiones filosóficas sobre el aprendizaje de conceptos físicos. Esta obra es una herramienta esencial para docentes interesados en mejorar su práctica educativa y fomentar nuevas investigaciones en física educativa, integrando teoría y práctica para enfrentar los retos pedagógicos actuales y futuros.



Jesús Alberto Flores Cruz es doctor en Ciencias en Ingeniería de Sistemas por el Instituto Politécnico Nacional (IPN); profesor de tiempo completo en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN (CICATA-Legaria); miembro del posgrado en Física Educativa y del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI), y experto en tecnologías educativas aplicadas a la enseñanza de las ciencias.



Rubén Sánchez Sánchez es doctor en Ciencias con especialidad en Física por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional (IPN); profesor de tiempo completo en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN (CICATA-Legaria), y miembro del posgrado en Física Educativa y del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI).



Dimensions



[DOI.ORG/10.52501/CC.219](https://doi.org/10.52501/CC.219)



**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES
ARBITRADAS

HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS
www.comunicacion-cientifica.com

ISBN: 978-607-9104-80-1



9 786079 104801