

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN ENSEÑANZA DE LA
FÍSICA”**

TEMA:

IMPACTO DEL USO DE SIMULACIONES PhET EN LA COMPRENSIÓN
DE LA UNIDAD DE CAÍDA LIBRE EN ESTUDIANTES DE SEGUNDO DE
BACHILLERATO.

AUTOR:

BRYAN LEONEL BASANTES ESPARZA

Guayaquil - Ecuador

2025

RESUMEN

El presente trabajo de investigación analiza el impacto del uso de simulaciones interactivas PhET en la enseñanza de la unidad de caída libre en estudiantes de segundo de bachillerato. El estudio surge de la necesidad de superar las dificultades que presentan los alumnos al comprender conceptos de cinemática, particularmente aquellos relacionados con el movimiento de caída libre y la resolución de problemas asociados. Se plantea como objetivo general evaluar en qué medida el uso de estas simulaciones PhET contribuye a mejorar la comprensión de la unidad y el desempeño en la resolución de problemas. La metodología corresponde a un enfoque cuantitativo con un diseño preexperimental, en el cual se trabajó con cuatro paralelos de segundo de bachillerato: dos grupos se trabajó mediante la metodología tradicional, al cual le vamos a llamar grupo de control, mientras que a los otros dos se les aplicó la enseñanza mediante el uso de simulaciones PhET, al cual le vamos a llamar grupo experimental. El proceso incluyó una prueba de diagnóstica inicial, la que llamaremos pre-test, la retroalimentación correspondiente y una prueba final, la cual llamaremos posttest, cuyos resultados se analizaron estadísticamente mediante la ganancia normalizada de Hake y el coeficiente Alfa de Cronbach para determinar la fiabilidad de los instrumentos. Se espera que la implementación de simulaciones interactivas fortalezca la comprensión en la unidad de caída libre, fomente un aprendizaje más significativo y mejore la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos en la resolución de problemas.

Palabras claves: Simulaciones PhET, caída libre, enseñanza, bachillerato.

ABSTRACT

This research paper analyzes the impact of using PhET interactive simulations in teaching the free fall unit to second-year high school students. The study arises from the need to overcome the difficulties students have in understanding kinematic concepts, particularly those related to free fall motion and solving associated problems. The overall objective is to evaluate the extent to which the use of these PhET simulations contributes to improving understanding of the unit and performance in problem solving.

The methodology corresponds to a quantitative approach with a preexperimental design, in which we worked with four parallel high school sophomore classes: two groups were taught using traditional methodology, which we will call the control group, while the other two were taught using PhET simulations, which we will call the experimental group. The process included an initial diagnostic test, which we will call the pretest, the corresponding feedback, and a final test, which we will call the posttest. The results were statistically analyzed using Hake's normalized gain and Cronbach's alpha coefficient to determine the reliability of the instruments.

It is expected that the implementation of interactive simulations will strengthen understanding in the free fall unit, promote more meaningful learning, and improve students' ability to apply knowledge in problem solving.

Keywords: PhET simulations, free fall, teaching, high school.

DEDICATORIA

A mi amada esposa Keila Ordoñez y a mi hijo Bryan Zabdiel Basantes Ordoñez, quienes son la razón más grande de mi esfuerzo y dedicación. Sin ustedes, todo lo que hice y el sacrificio que entregué en este camino no habría tenido sentido. Este logro es también suyos, porque cada paso dado fue pensando en nuestro bienestar y en el futuro de nuestra familia. Con todo mi amor y gratitud, les dedico este triunfo, que no es solo mío, sino nuestro.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza, la salud y la sabiduría para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mi amada esposa Keila Ordoñez y a mi hijo Bryan Zabdiel Basantes Ordoñez, quienes han sido el motor y la inspiración constante en este proceso. A ellos les debo la paciencia, la comprensión y el apoyo incondicional que me brindaron en los momentos en los que, por dedicarme a la maestría, tuve que sacrificar tiempo valioso en familia. Este trabajo es también suyo, porque el sacrificio de ahora representa la victoria de mañana. Sin su amor y respaldo, nada de esto habría sido posible.

A mi tutor, Mgtr. Víctor Hugo Velasco Galarza, por su revisión exhaustiva, su profesionalismo y la paciencia con la que me guio en cada etapa de este proceso, permitiendo que esta tesis alcance la calidad y el rigor académico requerido.

A nuestra coordinadora, MEd. Sonnia Paola Reyes De Vera, por su constante predisposición para resolver inconvenientes, su compromiso con nuestra formación y la exigencia positiva, que siempre nos motivó a cumplir con responsabilidad cada entrega, impulsándonos hacia la culminación exitosa de la maestría.

Extiendo mi gratitud a la institución donde laboro, en una Unidad Educativa en la ciudad de Guayaquil, por haber confiado en mis capacidades y brindarme la oportunidad de superación profesional.

Finalmente, dedico este logro a mi familia, que constituye la razón principal de mi esfuerzo. Ellos son la base de mi presente y el impulso para alcanzar mis metas futuras.

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Bryan Leonel Basantes Esparza acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autores/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 27 de septiembre del 2025.

Bryan Leonel Basantes Esparza

EVALUADORES

Mgr. Víctor Hugo Velasco

EVALUADOR

PRESIDENTE

ABREVIATURAS O SIGLAS

ABP	Aprendizaje Basado en Diseño
BGU	Bachillerato General Unificado
CL	Caída Libre
DBL	Design-Based Learning
H0	Hipótesis nula
H1	Hipótesis alternativa
INEVAL	Instituto Nacional de Evaluación Educativa
Mineduc	Ministerio de Educación
MRUV	Movimiento Rectilíneo Uniforme Variado
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PhET	Physics Education Technology
PISA	Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
ZPD	Zona de Desarrollo Próximo

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	II
ABSTRACT.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
DECLARACIÓN EXPRESA	VI
EVALUADORES	VII
ABREVIATURAS O SIGLAS	VIII
TABLA DE CONTENIDO	IX
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Descripción del problema.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Hipótesis	4
1.5. Alcance	5
CAPÍTULO 2	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Laboratorios virtuales.....	6
2.2. Metodología de enseñanza basado en simulaciones PhET en la Física.	8
2.3. Aprendizaje Basado en Diseño	9
2.4. Métodos de análisis de datos.	11
2.4.1. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk	11
2.4.2. Prueba de Mann-Whitney U.....	12
2.4.3. Prueba de Wilcoxon signed-rank	12
2.4.4. Ganancia de Hake Normalizada	12
2.4.5. Alfa de Cronbach	13
2.5. Caída Libre	14
2.6. Concepciones alternativas	20
CAPÍTULO 3	21
3. METODOLOGÍA	21
3.1. Diseño de la investigación.....	21
3.2. Población y muestra.	22

3.2.1. Población.....	22
3.2.2. Muestra y muestreo	23
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.4. Procedimiento.....	23
3.4.1. Semana 1: Pretest y retroalimentación inicial.....	24
3.4.2. Semana 2: Intervención.....	24
3.4.2.1. Secuencia didáctica para el grupo de control.....	24
3.4.2.2. Secuencia didáctica para el grupo experimental.....	34
3.4.3. Semana 3: Postest y retroalimentación final.....	49
CAPÍTULO 4.....	50
4. RESULTADOS.....	50
4.1. Tabulación de los resultados del grupo de control y experimental.....	50
4.2. Análisis estadístico descriptivo del grupo de control y experimental.....	54
4.3. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk.....	57
4.4. Prueba de Mann–Whitney U (Wilcoxon rank sum).....	58
4.5. Prueba de Wilcoxon signed-rank.....	59
4.6. Resultados de la ganancia normalizada de Hake del grupo experimental.....	60
4.7. Resultados de la ganancia normalizada de Hake al grupo de control.....	63
4.8. Tabla de resultados del Alfa de Cronbach.....	66
CAPÍTULO 5.....	69
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
5.1. Conclusiones.....	69
5.2. Recomendaciones.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
APÉNDICES Y ANEXOS.....	78

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1. Caída libre.....	15
Figura 2.2. Sistema de referencia hacia arriba positivo.....	16
Figura 2.3. Sistema de referencia hacia abajo positivo.....	16
Figura 2.4. Lanzamiento vertical de un objeto.....	17
Figura 3.1. Bosquejo del ejercicio 1.....	25
Figura 3.2. Bosquejo del ejercicio 2.....	27
Figura 3.3. Bosquejo del ejercicio 3.....	29
Figura 3.4. Bosquejo del ejercicio 4.....	30
Figura 3.5. Bosquejo del ejercicio 5.....	33
Figura 3.6. Página principal del movimiento de un proyectil.....	35
Figura 3.7. Movimiento de un proyectil.....	35
Figura 3.8. Estructura del apartado de vectores.....	36
Figura 3.9. Descripción de los elementos de movimiento de un proyectil.....	36
Figura 3.10. Condiciones iniciales del ejercicio 1.....	38
Figura 3.11. Lanzamiento del proyectil ejercicio 1.....	39
Figura 3.12. Valores de tiempo y altura del proyectil ejercicio 1.....	39
Figura 3.13. Tiempo de vuelo del proyectil ejercicio 1.....	39
Figura 3.14. Lanzamiento del proyectil al momento de salir ejercicio 2.....	41
Figura 3.15. Lanzamiento del proyectil antes de su altura máxima ejercicio 2.....	41
Figura 3.16. Lanzamiento del proyectil en su altura máxima ejercicio 2.....	41
Figura 3.17. Caída libre del proyectil desde su altura máxima ejercicio 2.....	42
Figura 3.18. Caída libre del proyectil ejercicio 2.....	42
Figura 3.19. Caída libre a la superficie de la Tierra ejercicio 2.....	42
Figura 3.20. Lanzamiento del proyectil con el vector aceleración ejercicio 2.....	43
Figura 3.21. Lanzamiento del proyectil con resistencia del aire ejercicio 2.....	44
Figura 3.22. Caída libre sin resistencia del aire ejercicio 3.....	44
Figura 3.23. Caída libre sin resistencia del aire ejercicio 4.....	45
Figura 3.24. Caída libre sin resistencia del aire ejercicio 4.....	46
Figura 3.25. Caída libre sin resistencia del aire ejercicio 4.....	46
Figura 3.26. Caída libre sin resistencia del aire ejercicio 4.....	47
Figura 3.27. Caída libre sin resistencia del aire ejercicio 4.....	47
Figura 3.28. Caída libre sin resistencia del aire, masa de 2kg ejercicio 5.....	48
Figura 4.1. Gráfico de Puntajes vs Estudiantes, grupo de control.....	52
Figura 4.2. Gráfico de Puntajes vs Estudiantes, grupo experimental.....	54
Figura 4.3. Diagrama de cajas del grupo control y experimental.....	56

Figura 4.4. Medias con IC 95.0% del grupo de control y experimental.....	56
Figura 4.5. Histograma del Grupo de control y experimental.....	58
Figura 4.6. Gráfico de Ganancia Normalizada de Hake vs Estudiantes del grupo experimental.....	62
Figura 4.7. Gráfico de Ganancia Normalizada de Hake vs Estudiantes del grupo de control.....	65

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.2. Rango de valores de la ganancia Normalizada de Hake.	13
Tabla 3.1. Distribución general de los estudiantes.	21
Tabla 3.2. Distribución de estudiantes en grupos de control y experimental.	22
Tabla 3.3. Ecuaciones de movimiento vertical.	24
Tabla 3.4. Resultados del ejercicio 1.	26
Tabla 3.5. Resultados del ejercicio 3.	30
Tabla 3.6. Resultados del ejercicio 4.	33
Tabla 3.7. Resultados del ejercicio 5.	34
Tabla 3.8. Resultados del ejercicio 1.	40
Tabla 3.9. Datos recopilados del ejercicio 2.	43
Tabla 3.10. Resultados del ejercicio 3.	45
Tabla 3.11. Resultados del ejercicio 4.	48
Tabla 3.12. Resultados del ejercicio 5 en ausencia del aire.	49
Tabla 4.1A. Calificaciones obtenidas del grupo de control.	51
Tabla 4.1B. Calificaciones obtenidas del grupo de control.	51
Tabla 4.2. Cambios en la calificación del pretest al postest en el grupo de control.	52
Tabla 4.3A. Calificaciones obtenidas del grupo experimental.	53
Tabla 4.3B. Calificaciones obtenidas del grupo experimental.	53
Tabla 4.4. Cambios en la calificación del pretest al postest en el grupo experimental.	54
Tabla 4.5. Análisis estadístico del grupo de control.	55
Tabla 4.6. Análisis estadístico del grupo experimental.	55
Tabla 4.7. Prueba de Normalidad al grupo de control.	57
Tabla 4.8. Prueba de Normalidad al grupo experimental.	57
Tabla 4.9. Comparación Pretest: Experimental > Control.	58
Tabla 4.10. Comparación Postest: Experimental > Control.	59
Tabla 4.11. Prueba de Wilcoxon signed-rank del Grupo Experimental.	59
Tabla 4.12. Prueba de Wilcoxon signed-rank Grupo de Control.	60
Tabla 4.13A. Resultados de la ganancia normalizada individual y promedio de Hake del grupo experimental.	61
Tabla 4.13B. Resultados de la ganancia normalizada individual y promedio de Hake del grupo experimental.	61
Tabla 4.14. Rango de estudiantes de la ganancia Normalizada de Hake.	62
Tabla 4.15A. Resultados de la ganancia normalizada individual y promedio de Hake del grupo de control.	63

Tabla 4.15B. Resultados de la ganancia normalizada individual y promedio de Hake del grupo de control.....	64
Tabla 4.16. Rango de estudiantes de la ganancia Normalizada de Hake	65
Tabla 4.17. Promedio de la ganancia normalizada de Hake por grupo.	66
Tabla 4.18. Tabla de valores en escala de Likert (1-5).....	67
Tabla 4.19. Alfa de Cronbach del grupo experimental.....	68
Tabla 4.20. Promedios y porcentaje de estudiantes que respondieron 4 o 5 en la escala Likert por ítem.....	68

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La física es una disciplina que ha sido enseñada a lo largo del tiempo para explicar los fenómenos naturales mediante leyes básicas. Esta enseñanza fomenta en los estudiantes el desarrollo del razonamiento, que utilizando algoritmos les permite construir sobre conocimientos previos y resolver problemas a través de cálculos matemáticos, logrando así una comprensión profunda del origen de los fenómenos naturales y de aquellos generados por la intervención humana. (Bazantes Del Salto, 2021).

El proceso de enseñanza y aprendizaje de la física representa un reto tanto para estudiantes como para profesores de bachillerato, debido a la dificultad de comprender conceptos y teorías complejas. Frecuentemente, los alumnos tienen problemas para relacionar la teoría con la práctica y para experimentar con los conceptos que estudian. Una alternativa para superar esta dificultad es la incorporación de simuladores virtuales en la enseñanza de la física (Alba Niño, 2023).

Según Becerra Rodríguez et al. (2020), el uso de simulaciones, laboratorios virtuales y el aprendizaje activo en la enseñanza de la física favorece la motivación, la colaboración y un mayor aprovechamiento del aprendizaje en los estudiantes que participaron en el estudio.

La educación actualmente está atravesando problemas críticos a nivel social, económico y político, se piensa que la enseñanza de la física, se debe adaptar a este nuevo tiempo, ya que el estudio de la misma es de suma importancia por ser la ciencia que da respuesta a los fenómenos que ocurren en la naturaleza. Para abaratar costos en los experimentos de física es posible estudiar la caída libre de los cuerpos mediante sensores de movimiento y software libre con capacidades científicas (Montero et al., 2018).

No obstante, a raíz de la aparición de la pandemia en 2020, se adoptó el formato virtual, lo que obligó a las instituciones de educación en Ecuador a modificar sus enfoques

pedagógicos. La metodología en disciplinas esenciales como la física ha permanecido prácticamente sin cambios en las últimas dos décadas, lo que ha dificultado la renovación de las estrategias de aprendizaje y ha resultado en un bajo desempeño académico (Mera Menéndez y López González, 2023).

Desde 2002, PhET Interactive Simulations de la Universidad de Colorado en Boulder ha desarrollado simulaciones interactivas para la enseñanza de STEM. Fundado por el Premio Nobel Carl Wieman, el proyecto busca que las materias sean más accesibles y atractivas para estudiantes y profesores, ofreciendo más de 150 simulaciones gratuitas en diversas áreas científicas como física, química, matemática, ciencias de la tierra y biología, disponibles como recursos educativos abiertos (Perkins, 2020).

La implementación de simulaciones PhET en la enseñanza de la física tiene un impacto positivo en la comprensión de conceptos físicos y facilita el logro de objetivos educativos para docentes y estudiantes. Según Sakona et al. (2023), estas simulaciones ofrecen una alternativa innovadora que proporciona una experiencia de aprendizaje activa y visual, permitiendo la manipulación virtual de objetos y variables para entender fenómenos físicos.

El aprendizaje basado en diseño (ABD), es una metodología pedagógica centrada en la indagación que integra el pensamiento y proceso de diseño en el aula, tanto en la educación general como profesional. Este enfoque se aplica en diversas disciplinas, tanto en las tradicionalmente vinculadas al diseño como en otras áreas no relacionadas. ABD promueve el desarrollo de habilidades del siglo XXI, como la comunicación y la colaboración, y favorece un aprendizaje más profundo (Jiang et al., 2020).

Este estudio propone integrar el Aprendizaje Basado en Diseño (ABD) con simulaciones PhET para mejorar la enseñanza del concepto de caída libre en física. Al combinar la indagación y la práctica con herramientas tecnológicas, se busca promover un aprendizaje activo centrado en la experiencia y el análisis, que impulse un enfoque más dinámico y participativo en el aula.

1.2. Descripción del problema

Durante el ciclo 2020-2021, el promedio del puntaje de física de los estudiantes ecuatorianos fue de 698, por debajo del nivel de competencia de 700 puntos, con una tendencia a la baja en los años siguientes, siendo el ciclo 2021-2022 el promedio de puntaje 691 y el ciclo 2022-2023 el promedio del puntaje 693 (INEVAL, Políticas transformadoras: hacia el nuevo Ecuador, desde la evaluación educativa, 2024).

El Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA), desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), es la mayor evaluación global de aprendizaje. PISA evalúa la habilidad de estudiantes de 15 años para aplicar sus conocimientos y competencias en lectura, matemáticas y ciencias para resolver problemas cotidianos. Aunque se han realizado esfuerzos en la enseñanza de la física, los estudiantes de segundo de bachillerato en Ecuador enfrentan dificultades para comprender la unidad fundamental de la caída libre, lo cual se refleja en su bajo desempeño en evaluaciones internacionales como las pruebas PISA. (INEVAL, Informe de la Evaluación de las necesidades de capacidad: Ecuador. Originalmente publicado por la OCDE con el título: Capacity Needs Assessment Report Ecuador., 2024).

Los simuladores, como el software PhET, son herramientas clave en la enseñanza porque permiten a los estudiantes experimentar de forma interactiva y segura con fenómenos difíciles de observar en la realidad. Esto facilita la comprensión de ideas al ofrecer un entorno controlado para explorar y manipular variables (Herrera Castrillo, 2023).

La mayoría de las planificaciones docentes no incorporan herramientas tecnológicas debido a la falta de conocimientos informáticos y formación específica en maestros, especialmente en zonas rurales, lo que limita la presencia de tecnología en la enseñanza (Morocho et al., 2025). Además, factores como la falta de infraestructura adecuada y la resistencia a cambiar métodos pedagógicos tradicionales dificultan la integración de simulaciones como PhET. Por ello, es fundamental investigar la efectividad de estas simulaciones para mejorar el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes, así como para impulsar la innovación en las prácticas pedagógicas en ciencias.

En este trabajo, se utilizarán las simulaciones PhET para evaluar su impacto en el rendimiento académico de los estudiantes respecto a la unidad de caída libre. Esta evaluación permitirá medir la efectividad de estas herramientas y confirmar cómo contribuyen a mejorar la comprensión del contenido, apoyando el desarrollo de metodologías innovadoras para la enseñanza de la física.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el impacto del uso de simulaciones interactivas PhET en el aprendizaje de la física, en la unidad de la caída libre, implementando una metodología activa que incorpore estas simulaciones en las clases de física para fomentar la comprensión de la unidad y el interés por la materia, con el propósito de mejorar el rendimiento académico de los estudiantes de segundo de bachillerato y potenciar sus habilidades de resolución de problemas en el área de física.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Identificar el nivel de comprensión que tienen los estudiantes sobre el concepto de caída libre antes de la implementación de simulaciones PhET, estableciendo una línea base que permita la valoración en el progreso durante el desarrollo de la investigación.
2. Diseñar una secuencia didáctica con su correspondiente plan de clases, que incorpore simulaciones PhET en la enseñanza del concepto de caída libre, para promover un aprendizaje activo en los estudiantes
3. Evaluar el impacto de las simulaciones PhET en la resolución de problemas de caída libre, considerando su contribución al desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y la percepción de los estudiantes sobre su efectividad y aceptación en el aprendizaje de la física, con el fin de proponer recomendaciones para futuras prácticas educativas.

1.4. Hipótesis

Considerando el problema de investigación planteado, se propone la siguiente hipótesis nula (H_0) y alterna (H_1):

Hipótesis Nula (H_0): El uso de simulaciones interactivas PHET no produce una diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento académico de los estudiantes, en comparación con métodos tradicionales sin el uso de dichas herramientas.

Hipótesis Alternativa (H_1): El uso de simulaciones interactivas PHET mejora significativamente el rendimiento académico de los estudiantes en comparación con quienes no las utilizan.

De esta forma, lo que se busca demostrar es que los estudiantes del grupo experimental, al recibir la enseñanza de la unidad de caída libre mediante el uso de simulaciones PhET, logren un nivel de comprensión y rendimiento académico superior al de los estudiantes del grupo de control, quienes no reciben la instrucción con esta herramienta.

1.5. Alcance

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo en una Unidad Educativa en la ciudad de Guayaquil. El estudio estuvo dirigido a estudiantes de segundo de Bachillerato General Unificado, específicamente en la unidad de caída libre, que forma parte del bloque curricular Espacio, tiempo y movimiento. La población total considerada correspondió a 96 estudiantes, distribuidos en cuatro paralelos, de los cuales 48 conformaron el grupo experimental y 48 el grupo de control.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Laboratorios virtuales.

Los laboratorios virtuales son plataformas digitales que permiten a los estudiantes realizar experimentos en entornos simulados o controlados a distancia, manipulando condiciones y observando resultados de forma interactiva, lo que favorece la comprensión de los fenómenos estudiados sin necesidad de un laboratorio físico (Montalvo Quizhpi, 2022). Asimismo, permiten que un mayor número de estudiantes acceda a las prácticas de forma asíncrona, sin necesidad de estar presentes, favoreciendo un aprendizaje más flexible y accesible (Lorandi Medina et al., 2011).

Esta herramienta, con sus características actuales, permite abordar una amplia variedad de temas de física y tecnología, incluyendo fuerzas estáticas y dinámicas, cinemática, óptica geométrica, gravitación, sistemas de poleas, cuerdas, engranajes, resortes, fluidos, así como fricción estática y dinámica, entre otros. (Mendoza García, 2021).

Los simuladores desempeñaron un papel muy importante para visualizar la caída de cuerpos bajo distintas condiciones, tales como cambios de altura, velocidad inicial y el tipo de lanzamiento sea este vertical hacia arriba o hacia abajo, además de permitir el análisis de las gráficas de posición y velocidad en función del tiempo. Estas herramientas facilitan la modificación rápida de las variables del experimento sin riesgo de error, lo que ayuda a los estudiantes a hacer predicciones y verificarlas con mayor facilidad y rapidez que en un experimento real (Quijano Rojas y Cárdenas, 2016).

Entre las plataformas más conocidas se encuentran Interactive Physics, Edu Media, Modellus, PhET y ComPADRE, las cuales ofrecen a los usuarios herramientas sencillas que facilitan el estudio y la comprensión de diversos temas de física mediante simuladores. Especialmente PhET se destaca por su amplia variedad de recursos aplicables a múltiples áreas de esta disciplina. (Sarango Macas, 2023).

El estudio de la física requiere una comprensión profunda y un dominio sólido de sus contenidos. La incorporación de tecnología en la enseñanza de la física, especialmente

mediante el software interactivo de simulación PhET, se ha vuelto fundamental. (Liswar et al., 2023).

El proyecto de Simulaciones Interactivas PhET, creado en 2002 en la Universidad de Colorado en Boulder por el Premio Nobel Carl Wieman, ofrece simulaciones gratuitas en matemáticas y ciencias. Estas simulaciones, basadas en sólidas investigaciones educativas, captan la atención de los estudiantes mediante un entorno intuitivo y divertido que promueve el aprendizaje mediante la exploración y el descubrimiento. (Boulder, 2025). La integración de simuladores virtuales junto con el seguimiento del aprendizaje se ha mostrado como una técnica efectiva para mejorar la enseñanza, sobre todo en áreas como la física, donde es fundamental comprender en profundidad temas complejos. (Yanchapaxi-Molina y Mérida-Córdova, 2024).

La integración de la tecnología en la educación ha transformado significativamente los métodos de enseñanza, especialmente en las ciencias. Herramientas como las simulaciones PhET han demostrado ser muy eficaces para mejorar la participación y la comprensión de los estudiantes. (Diab et al., 2024). El uso de laboratorios virtuales es apropiado en la mayoría de los cursos basados en la ciencia, generalmente resulta en mejoras para el aprendizaje equivalentes en comparación con los laboratorios prácticos tradicionales (Silva Coutinho y Morán-Mirabal, 2022).

La investigación destaca la efectividad de incorporar simulaciones PhET en la educación, al favorecer la participación activa y el desarrollo de habilidades para resolver los problemas, lo que mejora el aprendizaje de los estudiantes. Integrar estas simulaciones en las metodologías pedagógicas representa una estrategia prometedora para enriquecer la experiencia científica y la comprensión global en alumnos de primaria. (Rayan et al., 2023). Las simulaciones PhET han demostrado ser recursos eficaces para enseñar conceptos abstractos en ciencias y matemáticas, promoviendo un aprendizaje interactivo, visual e intuitivo (Suárez Rodríguez y Batistapau, 2024).

2.2. Metodología de enseñanza basado en simulaciones PhET en la Física.

La literatura resalta que integrar la tecnología en el aula es esencial hoy en día, ya que es parte de la vida diaria y capta especialmente el interés de los jóvenes. El uso del simulador PhET, por su naturaleza interactiva, mejora el aprendizaje al facilitar la comprensión de los estudiantes y resulta mucho mejor que los métodos tradicionales. Esto favorece los procesos de aprendizajes y ofrece al docente una experiencia al percibir resultados positivos con esta herramienta. (Álvarez et al., 2023).

Los simuladores virtuales como PhET ayudan a fortalecer el aprendizaje científico y el trabajo en equipo, además de aumentar la motivación de los estudiantes. Las guías de laboratorio basadas en estas herramientas brindan a los docentes un recurso valioso para planificar sus clases y facilitar la comprensión de los contenidos por parte de los estudiantes. (Lora Pino y González Blanquicett, 2022).

La tecnología del siglo XXI, a través de recursos como el simulador interactivo PhET, representa un aporte clave para mejorar el aprendizaje de la física al facilitar la comprensión de fenómenos complejos. Además, la incorporación de estas herramientas en el aula impulsa a los docentes a adaptar sus prácticas pedagógicas, promoviendo la participación activa de los estudiantes y el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico y la resolución de problemas (Guaila Lojano , 2023).

Precisamente Sarango Macas (2023) señala que la diversidad de plataformas educativas disponibles resalta la necesidad de elegir aquella que mejor se ajuste a nuestro contexto educativo. Estas herramientas facilitan el aprendizaje de la física a través de simuladores y recursos interactivos, permitiendo a los estudiantes experimentar y comprender la caída libre. Su mayor valor radica en hacer el aprendizaje más atractivo y participativo, al tiempo que impulsan la motivación y el pensamiento crítico.

Las simulaciones PhET en el proceso educativo puede crear experiencias de aprendizaje más dinámicas, aumentar el interés de los estudiantes, facilitar la comprensión de los contenidos y promover su participación activa. Sin embargo, persisten dudas sobre su efectividad en otros temas científicos, por lo que las actividades que integran PhET se

consideran apropiadas y se evalúa su aplicación en diferentes áreas (Pranata et al., 2024).

Almadrones y Tadifa (2024) señalan que la incorporación de simulaciones PhET en la enseñanza de la física favorece el aprendizaje y el desarrollo de competencias, mejora el desempeño en áreas de menor dominio y facilita la evaluación en actividades prácticas. Además, el progreso observado en las habilidades de los estudiantes evidencia su efectividad, por lo que resulta importante difundir estos resultados dentro de la comunidad educativa para promover su uso.

Los resultados indican que la herramienta PhET resulta más efectiva que los métodos tradicionales de enseñanza. Se recomienda que los estudiantes se involucren activamente en su aprendizaje, mientras que los docentes integren estas simulaciones en sus clases. Además, se sugiere que las autoridades del plantel faciliten la capacitación y talleres sobre su uso adecuado. Finalmente, se invita a futuros investigadores a explorar otras áreas relacionadas con las simulaciones interactivas de PhET (Eleo y Manguilimotan, 2024).

2.3. Aprendizaje Basado en Diseño

El Aprendizaje Basado en Diseño (ABD) es una metodología que combina principios de diseño, resolución de problemas y pensamiento creativo, ofreciendo a los estudiantes experiencias de aprendizaje prácticas y reales. (Oo et al., 2024). Su objetivo es que, con la guía del docente, los estudiantes desarrollen soluciones aplicables a situaciones reales, fortaleciendo su capacidad de análisis y aplicación del conocimiento en la enseñanza de la caída libre mediante metodologías activas (Paez y Rivas, 2023).

Las teorías constructivistas de Vygotsky, Ausubel y Bruner sustentan una base sólida para el uso de simulaciones y el Aprendizaje Basado en Diseño (ABD) en entornos educativos:

- Lev Vygotsky destacó la importancia de la interacción social en el aprendizaje, introduciendo conceptos como la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) y el andamiaje. Estas ideas sugieren que los estudiantes pueden alcanzar niveles más altos de comprensión con el apoyo adecuado, lo que se alinea con el uso de

simulaciones interactivas que proporcionan retroalimentación y soporte en tiempo real (Tünnermann Bernheim, 2011).

- David Ausubel se centró en la asimilación de nueva información a través de la conexión con conocimientos previos. El ABD, al involucrar a los estudiantes en proyectos de diseño, les permite integrar nuevos conocimientos en contextos significativos, facilitando la asimilación y la construcción de esquemas cognitivos más complejos (Roas Morales, 2004).
- Jerome Bruner propuso el aprendizaje por descubrimiento y la importancia de la representación en tres modos: en activo, icónico y simbólico. El ABD fomenta la exploración y el descubrimiento a través de la creación de soluciones, permitiendo a los estudiantes representar y manipular conceptos de manera activa, lo que facilita una comprensión más profunda y flexible (McLeod, 2024).

En la investigación basada en diseño, se distinguen tres fases principales (Mundy et al., 2024):

- Análisis/exploración: permite la identificación y diagnóstico del problema a partir de la literatura, el contexto y los objetivos.
- Diseño/construcción: se realiza la elaboración o ajuste de un modelo que oriente decisiones de diseño y genere soluciones prácticas fundamentadas en la realidad del estudio.
- Evaluación/reflexión: al culminar con la implementación del diseño se realiza un análisis crítico de los resultados para valorar la eficacia de la solución propuesta.

Este enfoque motiva a los estudiantes a enfrentar tareas desafiantes en contextos reales o multidisciplinarios, favoreciendo el trabajo colaborativo y el aprendizaje, de modo que ellos puedan aplicar sus conocimientos de forma práctica y cercana a situaciones del mundo real (Gomez Puente y Kroesen, 2020).

Además, promueve la creatividad al permitir que los estudiantes diseñen, ejecuten y evalúen proyectos propios, incluso con el apoyo de simulaciones y herramientas digitales que mejoran la comprensión de conceptos científicos (Fayanto et al., 2024).

En conjunto, el ABD se consolida como una metodología que fomenta la motivación, la colaboración y el aprendizaje profundo generando una sensación de logro en los estudiantes (Kasliwal et al., 2023). Este aprendizaje se caracteriza por involucrar activamente a los estudiantes y facilitar el aprendizaje, preparándolos para una educación de calidad en el siglo XXI (Zhang et al., 2020).

2.4. Métodos de análisis de datos.

2.4.1. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk es un procedimiento estadístico diseñado para evaluar si un conjunto de datos se ajusta a una distribución normal o gaussiana. Su importancia radica en que muchos análisis paramétricos requieren que los datos cumplan este supuesto para garantizar resultados confiables. Esta prueba se basa en la correlación entre los valores observados y los valores teóricos de una distribución normal, permitiendo determinar de manera precisa si los datos presentan un comportamiento gaussiano (Luzuriaga Jaramillo et al., 2023).

La prueba de Shapiro-Wilk ordena los datos de menor a mayor, calcula la media y la varianza muestral y obtiene el estadístico W , que se compara con un valor crítico determinado para el tamaño de muestra y el nivel de significancia. Si el estadístico W resulta menor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Este procedimiento es especialmente recomendable cuando el tamaño de la muestra es menor a 50 observaciones; en muestras mayores, su comportamiento es comparable al del test de Kolmogórov-Smirnov, por lo que ambos ofrecen resultados similares (Flores Tapia y Flores Cevallos, 2021).

La prueba evalúa la correlación entre los datos observados y las puntuaciones teóricas de una distribución normal. El estadístico W y su respectivo valor p permiten determinar si los datos se desvían significativamente de la normalidad; un valor p inferior al nivel de significancia establecido de 0.05 indica que los datos no se distribuyen normalmente (Molina Panchi y Molina Panchi, 2025).

La prueba de Shapiro-Wilk proporciona un criterio estadístico sólido para decidir si una base de datos puede considerarse normal, lo que resulta fundamental para elegir entre

pruebas paramétricas o no paramétricas en el análisis de resultados (Pedrosa et al., 2015).

2.4.2. Prueba de Mann-Whitney U

La prueba Mann-Whitney U, también conocido como Wilcoxon rank-sum, es un método estadístico no paramétrico que permite comparar dos grupos independientes cuando los datos no se ajustan a una distribución normal. Actúa como alternativa a la prueba *t* de Student para muestras independientes, que solo es válida si se confirma previamente la normalidad. Por ello, cuando el análisis indica que los datos no son normales, la prueba *t* de Student queda descartada y se aplica Mann-Whitney para evaluar diferencias en la distribución o en las medianas de los grupos (McClenaghan, Mann-Whitney U Test: Assumptions and Example, 2024).

2.4.3. Prueba de Wilcoxon signed-rank

La prueba de Wilcoxon signed-rank es un procedimiento estadístico no paramétrico diseñado para comparar dos mediciones relacionadas en el mismo grupo, como evaluaciones antes y después de una intervención. Esta prueba no exige que los datos tengan distribución normal y funciona como alternativa a la prueba *t* para muestras dependientes cuando la normalidad no se cumple (McClenaghan, The Wilcoxon Signed-Rank Test, 2024).

2.4.4. Ganancia de Hake Normalizada

La ganancia de Hake normalizada es un indicador utilizado en la investigación educativa para medir el cambio en el conocimiento de los estudiantes antes y después de una intervención pedagógica. Se define como la relación entre la ganancia real obtenida (%postest – %pretest) y la ganancia máxima posible (100 – %pretest), lo que permite cuantificar de manera estandarizada la efectividad de la enseñanza (Hake, 1998). El índice de Hake se obtiene mediante la expresión:

$$g = \frac{\text{postest}(\%) - \text{pretest}(\%)}{100 - \text{pretest}(\%)} \quad (2.7)$$

Esta ganancia se establece según los siguientes rangos (Castañeda Salazar et al., 2018):

Tabla 2.2. Rango de valores de la ganancia Normalizada de Hake.

Tamaño del efecto	Valor de g	Interpretación
Bajo	$g \leq 0.30$	Efecto limitado en el aprendizaje
Medio	$0.30 < g \leq 0.70$	Mejora notable, sin dominio completo
Alto	$g > 0.70$	Curso muy efectivo, aprendizaje mayoritario

Fuente: Elaborada por el autor.

La ganancia normalizada es útil porque permite distinguir el impacto de diferentes métodos pedagógicos y ofrece un análisis consistente incluso con estudiantes que comienzan con distintos niveles de conocimiento. De esta forma, la medida no se ve afectada por las puntuaciones iniciales y ayuda a los docentes a comparar el rendimiento de sus estudiantes con otros en diferentes contextos (McKagan et al., 2022).

De acuerdo a Roncancio Herrera y Salazar Peña (2025) la ganancia normalizada promedio se calcula al determinar la ganancia de cada estudiante y posteriormente obtener el promedio de estas ganancias como se menciona en la ecuación (2.8):

$$\bar{g}_{prom.} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n g_i \quad (2.8)$$

$$\bar{g}_{prom.} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n \frac{postest(\%)_i - pretest(\%)_i}{100 - pretest(\%)_i} \quad (2.9)$$

Considerando que n representa la cantidad de estudiantes en el pretest y postest, se calcula la ganancia normalizada promedio del grupo. La ganancia normalizada se expresa con un valor entre 0 y 1, donde un resultado próximo a 0 indica un avance muy bajo en la comprensión, mientras que un valor cercano a 1 refleja un progreso considerable.

2.4.5. Alfa de Cronbach

Por otro lado, el coeficiente alfa de Cronbach fue introducido por Lee J. Cronbach en 1951 para estimar la fiabilidad de un cuestionario aplicado en una encuesta. El alfa mide la correlación entre las respuestas de un cuestionario analizando el perfil de las respuestas de los encuestados (Da Hora et al., 2010). El alfa de Cronbach es un coeficiente que varía entre 0 y 1, donde valores cercanos a 1 indican una mayor confiabilidad del instrumento utilizado (Soler Cárdenas y Soler Pons, 2012).

Por ejemplo, Escobar García et al. (2023) realizaron un estudio con 30 estudiantes egresados del Bachillerato Internacional en la Universidad Técnica de Manabí, quienes respondieron una encuesta de 10 ítems. El instrumento alcanzó un nivel de confiabilidad elevado con un alfa de Cronbach de 0.92. Los resultados evidenciaron que el Programa del IB proporcionó herramientas y conocimientos que influyen positivamente en el desempeño académico universitario y en el desarrollo de destrezas intelectuales, sociales y emocionales.

Maldonado Estévez et al. (2021) llevaron a cabo un estudio con 43 estudiantes, a quienes se les aplicó un cuestionario de seis ítems con formato de respuesta única en una escala Likert, que además incluía un espacio para justificar cada respuesta. El análisis de fiabilidad arrojó un alfa de Cronbach de 0.72, valor que refleja una consistencia interna adecuada, evidenciando que el instrumento evalúa de manera efectiva los conceptos vinculados al movimiento rectilíneo uniforme en caída libre vertical.

De igual manera, la Organización del Bachillerato Internacional, (2014) en un estudio desarrollado en China sobre el Programa del Diploma del IB se reportó una alta consistencia interna en las mediciones del perfil de la comunidad de aprendizaje, obteniendo un alfa de Cronbach de 0.91, lo que confirma la confiabilidad de los instrumentos empleados en contextos internacionales.

2.5. Caída Libre

La caída libre es el movimiento de los cuerpos bajo la influencia exclusiva de la gravedad, despreciando la resistencia del aire. Galileo fue pionero en demostrar que, en condiciones de vacío, todos los objetos caen a la misma velocidad independientemente de su masa. Esta conclusión se fundamenta en observaciones experimentales que mostraban que, al reducir la densidad del medio, la diferencia de caída entre dos cuerpos disminuye hasta desaparecer por completo en el vacío, donde todos los cuerpos experimentan la misma aceleración (Perilla Perilla, 2005).

En el caso ideal, todos los objetos, sin importar su masa, tamaño o peso, alcanzan la misma velocidad al caer desde la misma altura. (Quiroz Limas, 2015). Cabe mencionar

que el término “caída libre” no se debe interpretar de forma gramatical, solo a objetos que caen, sino que al ser un movimiento vertical se entiende que pueden ser de forma ascendente o descendente bajo la acción de la gravedad y en ausencia de la resistencia del aire (Young y Freedman, 2009).

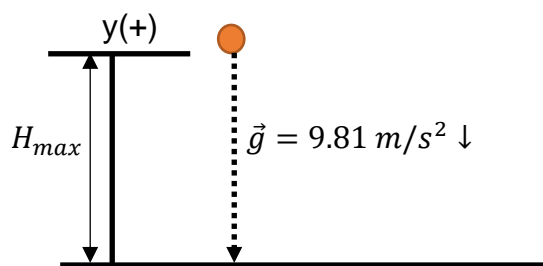


Figura 2.1. Caída libre.

Fuente: Elaborado por el autor.

En la Figura 2.1. describe la caída de un objeto bajo acción de la gravedad, la cual corresponde a un vector aceleración de magnitud igual a 9.81 m/s^2 y dirigida hacia abajo, que hace atraer a los cuerpos hacia el centro de la Tierra.

Cuando se estudia el desplazamiento, velocidad y aceleración en movimientos verticales, los signos pueden generar cierta confusión. Sin embargo, si se considera positivo el desplazamiento desde el suelo hacia arriba, la aceleración de la gravedad es negativa, la velocidad hacia arriba es positiva y hacia abajo negativa. Por otro lado, si se toma positivo el desplazamiento hacia abajo desde el punto más alto, la aceleración gravitacional es positiva, la velocidad hacia arriba es negativa y hacia abajo positiva. (Allum y Morris, 2023).

En la Figura 2.2. se representa este criterio de referencia, en el cual tanto la velocidad como el desplazamiento de un objeto son positivos hacia arriba, mientras que cualquier movimiento en sentido contrario se interpretará como negativo.

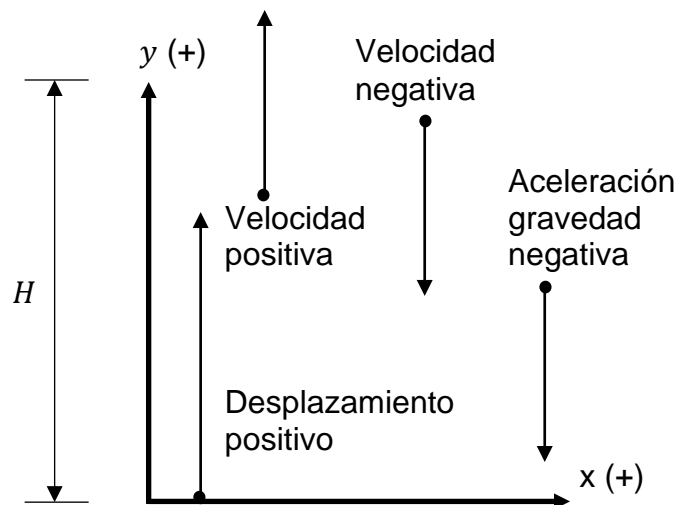


Figura 2.2. Sistema de referencia hacia arriba positivo.
Fuente: Elaborado por el autor.

En la Figura 2.3. se representa este criterio de referencia, en el cual tanto la velocidad como el desplazamiento de un objeto es descendente, mientras que cualquier movimiento en sentido contrario se interpretará como negativo.

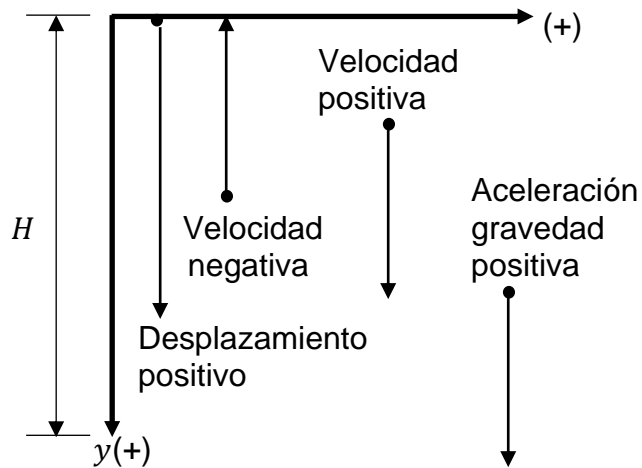


Figura 2.3. Sistema de referencia hacia abajo positivo.
Fuente: Elaborado por el autor.

Es un error común creer que en la altura máxima del movimiento de caída libre la velocidad y la aceleración son nulas. Si la aceleración fuera cero en ese punto, el objeto permanecería suspendido en el aire indefinidamente. En realidad, la aceleración en ese instante es $a_y = -\vec{g} = -9.80 \text{ m/s}^2$, igual que cuando el cuerpo sube o baja. Por eso, la

velocidad cambia continuamente, pasando de valores positivos a negativos (Young y Freedman, 2009).

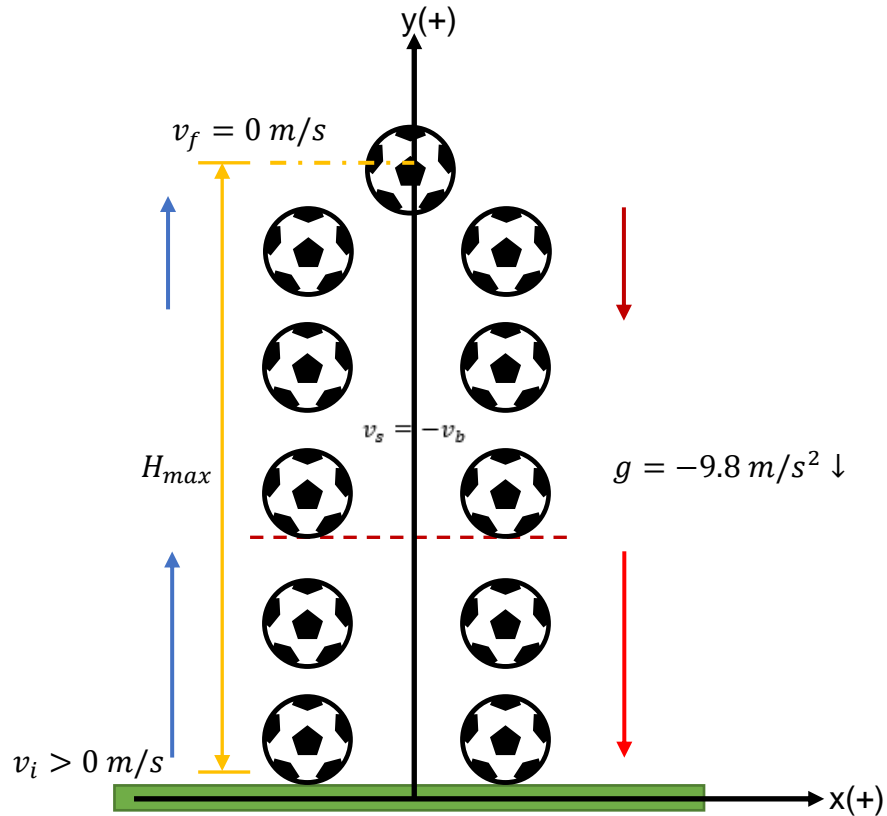


Figura 2.4. Lanzamiento vertical de un objeto.

Fuente: Elaborado por el autor.

En la Figura 2.4. se representa el movimiento de una pelota de fútbol con un lanzamiento vertical hacia arriba, el cual está trabajando con el sistema de referencia hacia arriba positivo, esto implica que para que la pelota pueda ascender es necesario que cuente con una velocidad inicial distinta de cero y sea positiva. Esta velocidad le permite alcanzar una cierta altura, en cuyo punto máximo su velocidad final es cero. Es importante señalar que la aceleración de la gravedad actúa en todo momento hacia abajo, sin importar si el objeto está ascendiendo o descendiendo.

Durante la etapa en que el objeto desciende en caída libre, su velocidad aumenta en sentido vertical hacia abajo. Esto refleja que la aceleración gravitatoria mantiene una magnitud constante, mientras que su efecto se evidencia en el incremento continuo de la velocidad durante el descenso. Tal como lo indica Allum y Morris (2023) un aspecto fundamental es que, en un mismo punto de la trayectoria, la velocidad con la que un

objeto sube tiene la misma magnitud que la velocidad con la que baja, pero en dirección opuesta.

Como señala Tsokos (2023), si se ignora la resistencia del aire, un objeto experimenta una aceleración gravitatoria constante de aproximadamente 9.80 m/s^2 , dirigida siempre verticalmente hacia abajo. A partir de este análisis, se introducen las ecuaciones que describen matemáticamente la caída libre.

De acuerdo con Kirk (2023), el movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV) solo pueden utilizarse cuando la aceleración es constante. La lista de variables a considerar y sus símbolos es la siguiente:

u : velocidad inicial

v : velocidad final

a : aceleración (constante)

t : tiempo transcurrido

s : distancia recorrida

Las siguientes ecuaciones relacionan estas diferentes magnitudes:

$$v = u + at \quad (2.1)$$

$$s = \left(\frac{u+v}{2}\right)t \quad (2.2)$$

$$v^2 = u^2 + 2as \quad (2.3)$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \quad (2.4)$$

En este trabajo se realizará una adaptación de las ecuaciones del movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV) al contexto específico del movimiento vertical y de la caída libre. Para ello, se reemplazará la variable s , que en muchos textos representa el desplazamiento, por y , en coherencia con lo señalado por Tsokos (2023), En este contexto, las ecuaciones quedan expresadas de la siguiente manera:

$$v = u + gt \quad (2.5)$$

$$\Delta y = \left(\frac{u+v}{2}\right)t \quad (2.6)$$

$$v^2 = u^2 + 2g\Delta y \quad (2.7)$$

$$\Delta y = ut + \frac{1}{2}gt^2 \quad (2.8)$$

De acuerdo a Allum y Morris (2023) el signo de la gravedad dependerá de la convención del sistema de referencia que se use, positivo hacia arriba o positivo hacia abajo.

Para guiar a los estudiantes en la resolución de problemas relacionados con la caída libre, se sugiere seguir un procedimiento estructurado que les permita organizar la información y aplicar correctamente los conceptos de cinemática:

1. El estudiante debe iniciar leyendo detenidamente el problema, identificando las condiciones dadas y relacionándolas con lo aprendido previamente en clase.
2. Una vez comprendido el enunciado, se recomienda realizar un bosquejo de la situación descrita, en el cual se representen los elementos fundamentales del problema, tales como la trayectoria, la dirección de la velocidad, el desplazamiento y la aceleración de la gravedad. Esta representación permitirá una mejor interpretación del fenómeno.
3. Es necesario definir de manera explícita si el sistema de referencia tendrá la dirección positiva hacia arriba o hacia abajo, manteniendo dicha convención durante toda la resolución del problema.
4. Con base en el sistema de referencia adoptado, se debe determinar el signo de cada parámetro vectorial (velocidad, desplazamiento y aceleración de la gravedad), asignando positivo si se encuentra en la misma dirección del sistema de referencia y negativo en caso contrario.
5. Posteriormente, se selecciona la ecuación de cinemática que mejor se adapte a las condiciones planteadas en el problema. En caso de ser necesario, se puede realizar un despeje algebraico para aislar la variable de interés.
6. Finalmente, se procede a reemplazar los valores conocidos en la ecuación seleccionada y resolverla para obtener el resultado.

Este procedimiento, aunque sencillo, permite que los estudiantes aborden de manera sistemática cualquier problema de caída libre, facilitando la identificación de las variables relevantes y la aplicación correcta de los principios de la cinemática.

2.6. Concepciones alternativas

Las concepciones alternativas se refieren a las ideas previas que los estudiantes poseen sobre fenómenos físicos y que a menudo difieren de los conceptos científicamente aceptados (Anggoro et al., 2022). Estas concepciones pueden estar profundamente arraigadas y son difíciles de cambiar mediante métodos tradicionales, requiriendo estrategias activas para confrontarlas y reconstruir el conocimiento previo.

En el caso de la caída libre, numerosos estudios han señalado que los estudiantes suelen mantener la idea errónea de que los objetos más pesados caen más rápido que los más ligeros, aun despreciando la resistencia del aire (Dognia y Dah, 2023). Sin embargo, esta creencia contrasta con el concepto newtoniano de aceleración gravitacional uniforme, que establece que, en ausencia de resistencia del aire, todos los cuerpos experimentan la misma aceleración y llegarán al suelo simultáneamente, independientemente de su masa (Ferreira et al., 2019).

Históricamente, Galileo había observado que dos cuerpos de la misma materia, pero de dimensiones distintas no caerían a la misma velocidad en condiciones normales. La afirmación de que todos los cuerpos caen con igual velocidad se aplica al caso ideal y abstracto del movimiento en el vacío, donde no existe la resistencia del aire (Álvarez García y Marquina, 1992).

Considerando el vacío como medio, se puede afirmar que dos objetos de masas distintas, lanzados desde la misma altura, experimentan la misma aceleración debido a la gravedad y alcanzan el suelo simultáneamente, sin importar su peso (Métoui, 2021).

Se espera que esta actividad facilite la comprensión de conceptos abstractos y fomente la participación activa de los estudiantes, promoviendo así la modificación o reconstrucción de sus concepciones alternativas (Fратиwi et al., 2020).

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de la investigación.

El tipo de investigación aplicada en este estudio corresponde a un diseño preexperimental con pruebas pretest y postest, en el cual se trabajó con dos grupos: uno de control y otro experimental.

En el grupo de control se impartió la enseñanza de la unidad de Caída Libre mediante el método tradicional, mientras que en el grupo experimental se utilizó la herramienta PhET como apoyo principal durante el proceso de enseñanza aprendizaje. Cabe recalcar que ambos grupos recibieron la misma temática, diferenciándose únicamente en la metodología aplicada, de acuerdo con el plan de clases, el detalle correspondiente puede consultarse en el Anexo F.

La unidad de estudio fue Caída Libre, que incluyó los siguientes conceptos: definición, características, aceleración de la gravedad, tiempo de subida y bajada, así como el tiempo total del recorrido, velocidades iniciales y finales y el desplazamiento.

Antes de iniciar la intervención, se aplicó un pretest con el propósito de identificar el nivel de comprensión inicial de los estudiantes sobre el tema de caída libre y detectar posibles concepciones alternativas que requirieran refuerzo.

La distribución de los cursos, el número de estudiantes, el grupo que se seleccionó y el método aplicado en cada paralelo se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Distribución general de los estudiantes.

Paralelo	Número de estudiantes	Grupos	Método aplicado
A	18	Experimental	Herramienta PhET
B	30	Experimental	Herramienta PhET
C	23	Control	Tradicional
D	25	Control	Tradicional
Total	96		

Fuente: Elaborado por el autor.

Para efectos del análisis estadístico, los paralelos se reagruparon en dos grupos: un grupo experimental y un grupo de control, cada uno con 48 estudiantes. La distribución se presenta en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Distribución de estudiantes en grupos de control y experimental.

Grupos	Número de estudiantes	Método aplicado
Experimental	48	Herramienta PhET
Control	48	Tradicional
Total	96	

Fuente: Elaborado por el autor.

El desarrollo de las clases fue dirigido por el mismo docente tanto en el grupo de control como en el grupo experimental, lo cual aseguró mantener las mismas condiciones de enseñanza en ambos grupos.

En lo que respecta a la metodología, en el grupo de control se abordó el tema de Caída Libre mediante la explicación tradicional y actividades de retroalimentación basadas en preguntas y resolución de ejercicios en clase. En el grupo experimental, la explicación, los ejemplos y la retroalimentación se llevaron a cabo empleando la simulación PhET “Movimiento de proyectiles y Caída Libre”, lo que permitió la visualización dinámica de la unidad y su vinculación con representaciones gráficas.

De acuerdo con el objetivo general de esta investigación, el diseño metodológico planteado permite contrastar de manera objetiva el aprendizaje alcanzado con la enseñanza tradicional frente al uso de herramientas digitales interactivas que en nuestro caso es la herramienta PhET.

3.2. Población y muestra.

3.2.1. Población.

La investigación se llevó a cabo en una Unidad Educativa privada ubicada en Guayaquil, contiguo a Ceibos Norte (International Baccalaureate Organization, 2025).

Según datos internos de la Unidad Educativa recibidos por correo institucional el martes 2 de septiembre de 2025, la sección de colegio (desde octavo de básica hasta tercero

de bachillerato) cuenta con aproximadamente 450 estudiantes registrados, cifra que sirve como base para comprender el alcance de la población.

De esta población, los estudiantes de segundo de bachillerato constituyen la población objeto de estudio, en la cual se concentró esta investigación con un alcance de 96 estudiantes, tal como se muestra en la Tabla 3.2. Los estudiantes tienen un rango de edad entre 15 y 16 años.

3.2.2. Muestra y muestreo

De los cuatro paralelos disponibles en segundo de bachillerato, se seleccionaron aleatoriamente dos grupos, un grupo experimental (segunda A y B) y uno de control (segunda C y D), con el fin de garantizar homogeneidad y equidad. La muestra total estuvo conformada por 96 estudiantes, tal como se muestra en la Tabla 3.1.

Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que los paralelos fueron asignados al investigador y reagrupados posteriormente para obtener dos grupos equitativos de análisis estadístico. El criterio principal fue asegurar que ambos grupos tuvieran la misma cantidad de estudiantes (48 cada uno), lo que permite realizar un mejor análisis estadístico.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La recolección de datos se basó en la aplicación de una prueba diagnóstica estandarizada, con preguntas validadas por el Bachillerato Internacional (IB). Esta prueba constó de 8 preguntas de opción múltiple, con cuatro opciones de respuesta y una única correcta, con una duración máxima de 40 minutos. La misma prueba fue utilizada tanto como pretest y posttest, con el fin de medir la evolución en el rendimiento académico tanto de forma tradicional como con el uso de la herramienta PhET.

3.4. Procedimiento.

El procedimiento se estructuró en tres etapas principales, desarrolladas en tres semanas consecutivas:

3.4.1. Semana 1: Pretest y retroalimentación inicial.

Se aplicó el pretest a los dos grupos (control y experimental), véase el Anexo A, con una duración de 40 minutos. Posteriormente, se realizó una retroalimentación de 40 minutos, en la cual los estudiantes conocieron las respuestas correctas y discutieron los errores cometidos.

3.4.2. Semana 2: Intervención.

La intervención tuvo una duración total de 80 minutos, distribuidos en dos clases de 40 minutos cada una. Con el fin de analizar el movimiento de los cuerpos en caída libre y su comportamiento bajo la acción de la gravedad, se emplearán las ecuaciones del movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV). A continuación, se presentan las expresiones matemáticas que servirán de base para los cálculos y comparaciones en ambos grupos de estudio:

Tabla 3.3. Ecuaciones de movimiento vertical.

Ecuaciones	Descripción
$v = u + gt$	Velocidad final en función de la velocidad inicial, el tiempo y la aceleración gravitatoria.
$\Delta y = \left(\frac{u + v}{2}\right)t$	Desplazamiento a partir de la velocidad media.
$v^2 = u^2 + 2g\Delta y$	Relación entre velocidad, desplazamiento y aceleración (sin tiempo).
$\Delta y = ut + \frac{1}{2}gt^2$	Desplazamiento en función de la velocidad inicial, el tiempo y la aceleración.
$\Delta y = vt + \frac{1}{2}gt^2$	Variante de la ecuación del desplazamiento con velocidad final.

Fuente: Elaborado por el autor.

Para el desarrollo de los cálculos en la simulación de la herramienta PhET, se empleará el valor de la aceleración de la gravedad 9.81 m/s^2 , que corresponde al valor aproximado utilizado por la plataforma. Esto permitirá comprobar y contrastar los resultados experimentales dentro de su entorno de simulación.

3.4.2.1. Secuencia didáctica para el grupo de control.

En el grupo de control, la enseñanza se desarrolló mediante el método tradicional, resolviendo problemas en la pizarra y aplicando los conceptos fundamentales de la caída libre, tal como se muestra a continuación. Para evidenciar la Secuencia didáctica del grupo de control véase el Anexo B.

Ejercicio 1: Movimiento vertical con velocidad inicial

Planteamiento:

Un objeto es colocado en un cañón y lanzado verticalmente hacia arriba con una rapidez inicial de 18.0 m/s desde el nivel del suelo. Despreciando la resistencia del aire y considerando la aceleración de la gravedad de 9.81 m/s², determine:

- El tiempo que tarda en subir
- La altura máxima que alcanza
- El tiempo total de vuelo.

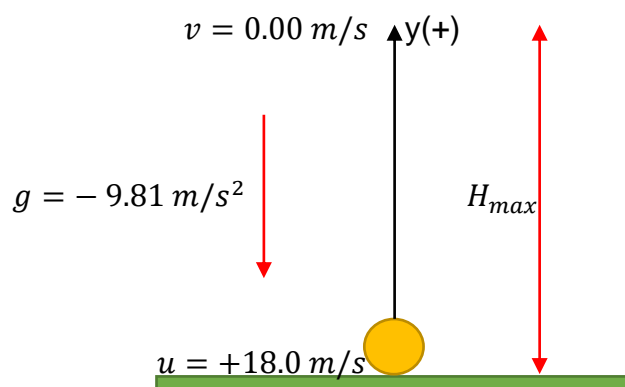


Figura 3.1. Bosquejo del ejercicio 1.

Fuente: Elaborado por el autor.

Resolución:

- El tiempo que tarda en subir

De acuerdo a la Figura 3.1. en este ejercicio se adopta el sistema de referencia con sentido positivo hacia arriba.

Por tanto, la aceleración debida a la gravedad tendrá un valor de $g = -9.81 \text{ m/s}^2$, la ecuación a usar sería:

$$v = u + gt$$

De esta forma despejamos con las condiciones del problema despejamos el tiempo que sería el de subida.

$$\begin{aligned} 0 & \\ \nearrow & \\ v &= u + gt_s \\ 0 &= u + gt_s \\ gt_s &= -u \\ t_s &= \frac{-u}{g} \end{aligned}$$

$$t_s = \frac{-\left(+18 \frac{m}{s}\right)}{-9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$t_s = 1.83 \text{ s}$$

b) La altura máxima que alcanza

Para determinar la altura máxima usaremos la ecuación:

$$0 = u^2 + 2g\Delta y$$

$$0 = u^2 + 2g\Delta y$$

$$2g\Delta y = -u^2$$

$$(+h_{max}) = \frac{-u^2}{2g}$$

$$h_{max} = \frac{-\left(+18.0 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * \left(-9.81 \frac{m}{s^2}\right)}$$

$$h_{max} = 16.5 \text{ m}$$

La magnitud del desplazamiento vertical correspondiente a la altura máxima es 16.5 m.

c) El tiempo total de vuelo.

Para determinar el tiempo de vuelo, de acuerdo a las condiciones del problema, como la subida y el descenso son análogos; y que además llega al mismo punto de partida, por esa razón se cumpliría:

$$t_v = 2t_s$$

$$t_v = 2 * (1.83 \text{ s})$$

$$t_v = 3.66 \text{ s}$$

En la Tabla 3.4. se muestran los resultados obtenidos del ejercicio 1.

Tabla 3.4. Resultados del ejercicio 1.

Literales	Resultado
a) El tiempo que tarda en subir	1.83 s
b) La altura máxima que alcanza	16.5 m
c) El tiempo total de vuelo.	3.66 s

Nota: Sistema de referencia tomado hacia arriba como positivo, elaborado por el autor.

Ejercicio 2: Análisis de vectores: velocidad y aceleración.

Se parte de la base del problema anterior es decir ejercicio 1, para continuar con la explicación.

Planteamiento:

Un cañón dispara una bala verticalmente hacia arriba con rapidez inicial 18.0 m/s desde el nivel del suelo. Se pide analizar cómo varían la magnitud y dirección de los vectores velocidad y aceleración durante:

- El ascenso
- En la altura máxima
- En el descenso.
- Interprete porque la aceleración mantiene su signo negativo.

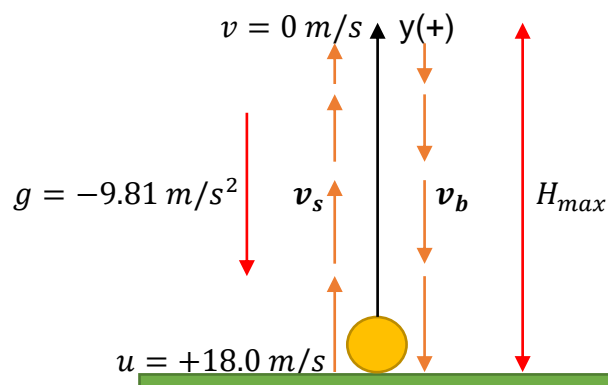


Figura 3.2. Bosquejo del ejercicio 2.

Fuente: Elaborado por el autor.

Se explica en la pizarra con un bosquejo especificando todas las condiciones para poder interpretar el ejercicio de acuerdo a cómo cambia la velocidad y qué sucede con la aceleración en cada tramo del movimiento. Se discute por qué la aceleración no es cero en la altura máxima, aunque la velocidad en ese punto sí lo es.

Orientaciones para el alumno:

Se le pide al estudiante que en su cuaderno realice lo siguiente en base al bosquejo hecho en la pizarra tal como se muestra en la Figura 3.2.

- Dibuje la trayectoria vertical.
- En cada tramo (ascenso, altura máxima, descenso) indique el sentido del vector velocidad y del vector aceleración.

3. Interprete por qué la aceleración mantiene signo negativo constante.

Resolución:

a) El ascenso

Durante la subida, el vector velocidad es dirigido hacia arriba, pero va disminuyendo su magnitud progresivamente debido a la acción de la aceleración de la gravedad. Esto se observa en el Figura 3.2. como una reducción paulatina del tamaño del vector velocidad.

b) En la altura máxima

En el punto más alto, la aceleración de la gravedad impide que el objeto continúe ascendiendo. Como consecuencia, en ese instante la velocidad es exactamente cero.

c) En el descenso.

En caída libre, el vector velocidad cambia de dirección, por lo que ahora apunta hacia abajo. Parte desde cero en la altura máxima y va aumentando su magnitud conforme el objeto desciende, hasta igualar en magnitud, pero con sentido contrario a la velocidad inicial de lanzamiento cuando llega al suelo nuevamente.

d) Interprete porque la aceleración mantiene su signo negativo.

La aceleración debida a la gravedad siempre actúa en dirección hacia el centro de la Tierra y es constante en magnitud aproximadamente 9.81 m/s^2 cerca de la superficie terrestre, independientemente de si el objeto está ascendiendo, descendiendo o tiene velocidad cero.

Ejercicio 3: Caída libre desde altura (rapidez inicial = 0.00 m/s)

Planteamiento:

Se deja caer un objeto desde la parte superior de un acantilado de 10.0 m de altura (rapidez inicial nula). Ignorando la resistencia del aire, determine:

a) El tiempo que tarda en llegar al suelo

b) La velocidad con que impacta el suelo.

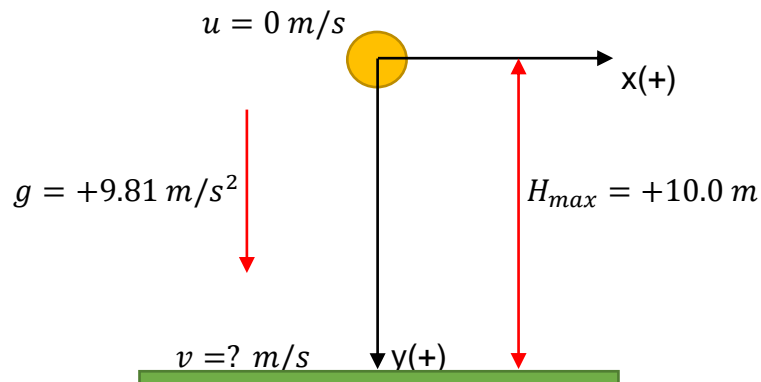


Figura 3.3. Bosquejo del ejercicio 3.

Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo con la Figura 3.3. se considera un sistema de referencia en el cual el eje vertical es positivo hacia abajo y el origen se ubica en la posición inicial del objeto. Con esta convención, la aceleración de la gravedad y la altura máxima se considera positiva.

a) El tiempo que tarda en llegar al suelo

$$\begin{aligned} \Delta y &= ut + \frac{1}{2}gt_b^2 \\ \Delta y &= \frac{1}{2}gt_b^2 \\ t_b^2 &= \frac{2 \cdot \Delta y}{g} \\ t_b &= \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta y}{g}} \\ t_b &= \sqrt{\frac{2 * (+10.0 \text{ m})}{+9.81 \text{ m/s}^2}} \\ t_b &= 1.43 \text{ s} \end{aligned}$$

b) La velocidad con que impacta el suelo.

$$\begin{aligned} v &= u + gt_b \\ v &= gt_b \\ v &= \left(+9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) * (1.43 \text{ s}) \\ v &= +14.0 \text{ m/s} \end{aligned}$$

La $v = +14.0 \text{ m/s}$ indica que la velocidad final es de 14.0 m/s hacia abajo, porque definimos de acuerdo a nuestro sistema de referencia hacia abajo como positivo.

Tabla 3.5. Resultados del ejercicio 3.

Literales	Resultado	Interpretación
a) El tiempo que tarda en llegar al suelo	1.43 s	Tiempo total que el objeto tarda en llegar al suelo.
b) La velocidad con que impacta el suelo	14.0 m/s	Magnitud de la velocidad al llegar al suelo.

Nota: Sistema de referencia tomado hacia abajo como positivo, elaborado por el autor.

Ejercicio 4: Lanzamiento vertical hacia arriba desde una altura ($u > 0.00$; $\Delta y \neq 0.00$)

Planteamiento:

Un objeto es lanzado verticalmente hacia arriba con rapidez inicial $u = 18.0 \text{ m/s}$ desde una altura inicial $y_0 = 10.0 \text{ m}$. Ignorando inicialmente la resistencia del aire, determine:

- El tiempo de subida desde el lanzamiento
- La altura máxima respecto al suelo
- El tiempo de caída desde la altura máxima hasta el suelo
- El tiempo total de vuelo.
- Describa que sucede con la magnitud de los vectores velocidad y aceleración durante todo su recorrido.

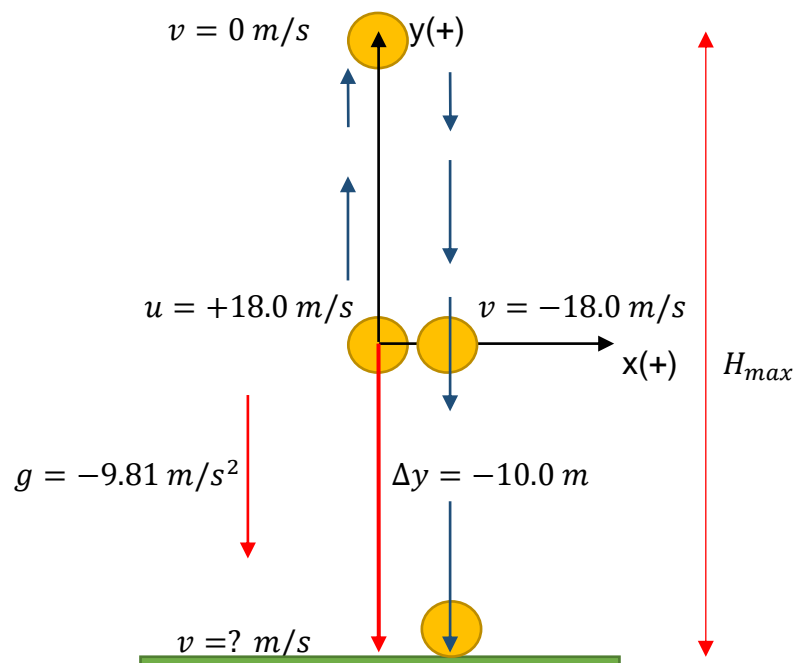


Figura 3.4. Bosquejo del ejercicio 4.

Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo con la Figura 3.4. se considera un sistema de referencia en el cual el eje vertical es positivo hacia arriba, tomando como referencia la posición inicial del objeto a una altura $h = 10.0 \text{ m}$. Bajo esta convención, la aceleración de la gravedad se considera negativa, dado que actúa en sentido contrario al eje positivo.

a) El tiempo de subida desde el lanzamiento

$$\begin{aligned}
 & \begin{array}{c} 0 \\ \nearrow \end{array} \\
 & v = u + gt_b \\
 & gt_b = -u \\
 & t_s = \frac{-u}{g} \\
 & t_s = \frac{-\left(+18 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{-9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \\
 & t_s = 1.83 \text{ s}
 \end{aligned}$$

b) La altura máxima respecto al suelo.

$$\begin{aligned}
 & \begin{array}{c} 0 \\ \nearrow \end{array} \\
 & v^2 = u^2 + 2g\Delta y \\
 & 0 = u^2 + 2g\Delta y \\
 & 2g\Delta y = -u^2 \\
 & (+h_{\text{máx}}) = \frac{-u^2}{2g} \\
 & h_{\text{máx}} = \frac{-\left(+18 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * \left(-9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} \\
 & h_{\text{máx}} = +16.5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

La altura máxima desde el lanzamiento es de 16.5 m, y la distancia entre el origen y el suelo, considerada en magnitud positiva, se suma a esta altura para obtener la altura máxima con respecto al suelo:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{máx, suelo}} &= h_{\text{máx}} + \Delta y \\
 H_{\text{máx, suelo}} &= 16.5 \text{ m} + 10.0 \text{ m} \\
 H_{\text{máx, suelo}} &= 26.5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c) El tiempo de caída desde la altura máxima hasta el suelo.

$$\Delta y = vt + \frac{1}{2}gt^2$$
$$y_f - y_0 = \cancel{vt} + \frac{1}{2}gt^2$$
$$y_f - y_0 = \frac{1}{2}gt^2$$
$$t_b = \sqrt{\frac{2 \cdot (y_f - y_0)}{g}}$$
$$t_b = \sqrt{\frac{2 \cdot (-10.0 \text{ m} - 16.5 \text{ m})}{-9.81 \text{ m/s}^2}}$$
$$t_b = 2.32 \text{ s}$$

d) El tiempo total de vuelo.

$$t_v = t_s + t_b$$
$$t_v = 1.83 \text{ s} + 2.32 \text{ s}$$
$$t_v = 4.15 \text{ s}$$

e) Describa que sucede con la magnitud de los vectores velocidad y aceleración durante todo su recorrido.

Durante todo el recorrido del objeto, la magnitud del vector velocidad varía en función de su posición, al subir la velocidad disminuye hasta llegar a cero en la altura máxima, y al descender, la velocidad aumenta nuevamente en magnitud hasta alcanzar el suelo, manteniendo el mismo valor de velocidad, pero con sentido contrario justo cuando retorna a la misma posición que fue lanzado. Por su parte, el vector aceleración mantiene siempre una magnitud constante de 9.81 m/s^2 dirigida hacia abajo, lo que corresponde a la aceleración de la gravedad, independientemente si está subiendo o bajando el objeto.

Tabla 3.6. Resultados del ejercicio 4.

Literales	Resultado
a) El tiempo de subida desde el lanzamiento	1.83 s
b) La altura máxima respecto al suelo	26.5 m
c) El tiempo de caída desde la altura máxima hasta el suelo	2.32 s
d) El tiempo total de vuelo.	4.16 s
e) Describa que sucede con la magnitud de los vectores velocidad y aceleración durante todo su recorrido.	La velocidad disminuye al subir, en su altura máxima es cero y al momento de bajar aumenta, la aceleración permanece constante.

Nota: Sistema de referencia tomado hacia abajo como positivo, elaborado por el autor.

Ejercicio 5: Influencia de la masa despreciando la resistencia del aire.

Planteamiento:

Desde una altura de 15.0 m se deja caer un conjunto de objetos con distinto valor de masa (2.00 kg, 4.00 kg, 6.00 kg, 8.00 kg, 10.0 kg) manteniendo el mismo diámetro (0.10 m). Compare los tiempos de caída e indique si la masa influye en el tiempo de caída cuando la resistencia del aire es despreciable.

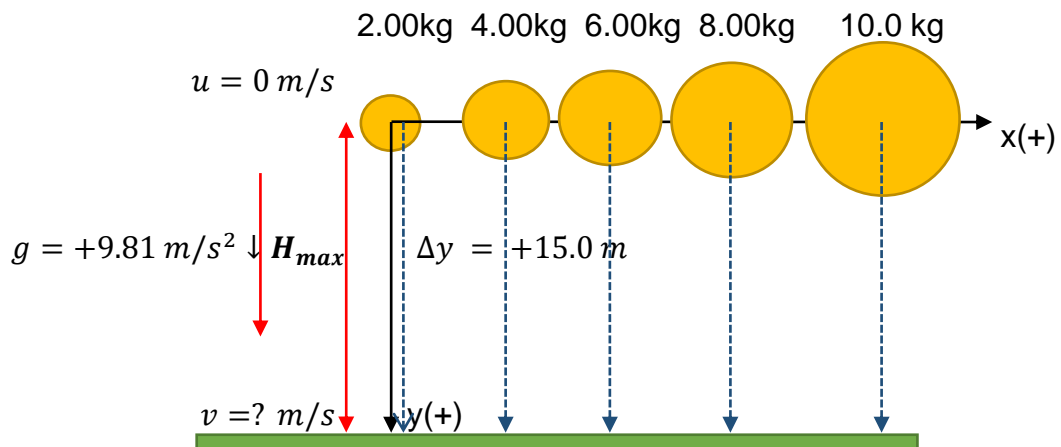


Figura 3.5. Bosquejo del ejercicio 5.

Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo a la Figura 3.5. se colocan cinco objetos de diferentes masas a una altura inicial de $\Delta y = +15.0 \text{ m}$. Se considera un sistema de referencia con el eje vertical positivo hacia abajo, tomando como origen la posición inicial de cada objeto. Los estudiantes deberán de comprender cómo la masa del objeto afecta el tiempo de caída y la velocidad final bajo estas condiciones.

Si la resistencia del aire es despreciable, la aceleración del objeto es únicamente la gravedad. En este caso, la masa del objeto no influye en el tiempo de caída ni en la

velocidad final, todos los objetos caen al mismo tiempo desde la misma altura, independientemente de su masa.

$$t_b = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta y}{g}}$$

$$t_b = \sqrt{\frac{2 * (+15.0 \text{ m})}{+9.81 \text{ m/s}^2}}$$

$$t_b = 1.75 \text{ s}$$

Tabla 3.7. Resultados del ejercicio 5.

Problema	Resultado	Observación
La masa influye en el tiempo de caída cuando la resistencia del aire es despreciable.	1.75 s	En ausencia del aire todos los objetos caen al mismo tiempo desde la misma altura, independientemente de su masa.

Nota: Sistema de referencia tomado hacia abajo como positivo, elaborado por el autor.

3.4.2.2. Secuencia didáctica para el grupo experimental.

En el grupo experimental, la enseñanza se llevó a cabo con el uso del simulador PhET, apoyado en una secuencia didáctica que incluía problemas diseñados para afianzar los conocimientos y superar concepciones alternativas. Los estudiantes trabajaron tanto en clase como de manera asincrónica en la resolución de los ejercicios propuestos. Para evidenciar la secuencia didáctica del grupo experimental véase el Anexo C.

Dado que los cálculos y procedimientos ya fueron realizados detalladamente en el grupo de control en la sección 3.4.2.1. en el presente apartado se enfocará principalmente en la presentación de los datos obtenidos en las tablas correspondientes a este grupo.

Es necesario indicar que, durante las clases del grupo experimental, los estudiantes resolvieron los ejercicios de manera teórica y, de manera simultánea, mediante el uso del simulador PhET, lo que permitió visualizar y corroborar los resultados teóricos con los obtenidos en la herramienta PhET, reforzando así la comprensión de la unidad de caída libre y la aplicación de los conceptos físicos en situaciones prácticas.

A continuación, se presenta el desarrollo de la secuencia didáctica aplicada con los estudiantes del grupo experimental durante las clases. Esta guía sirvió como orientación paso a paso para el uso del simulador PhET y la resolución de los problemas propuestos.

El estudiante ingresará al siguiente link:

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/projectile-motion> el cual le aparecerá la siguiente imagen:



Movimiento de un proyectil



[Acerca de...](#) [Recursos para Profesores](#) [Actividades](#) [Idic](#)

Figura 3.6. Página principal del movimiento de un proyectil.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

De acuerdo a la Figura 3.6. el estudiante debe de darle click donde está el botón y le aparecerá la siguiente imagen:



Figura 3.7. Movimiento de un proyectil.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

En la Figura 3.7. podemos ver cuatro opciones, tales como introducción, vectores, arrastre y laboratorio, el cual vamos a seleccionar donde dice vectores.

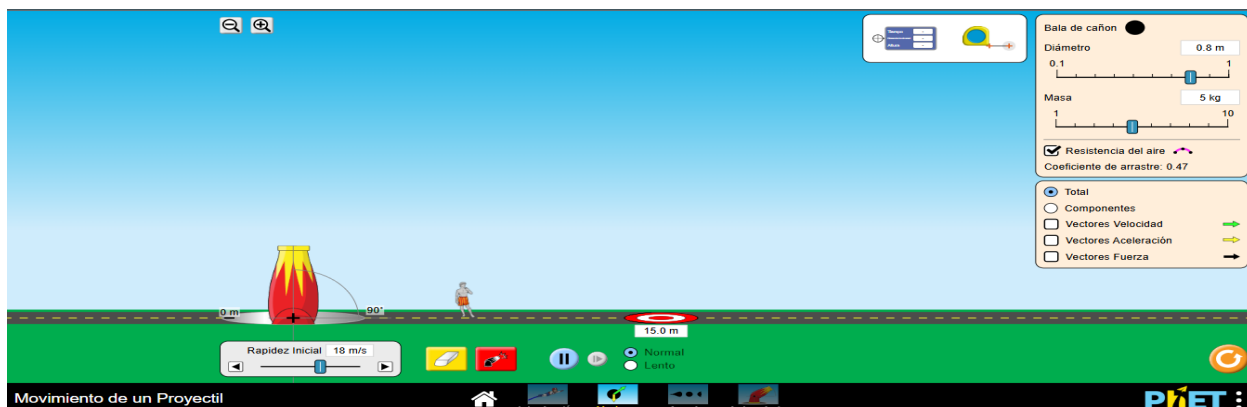


Figura 3.8. Estructura del apartado de vectores.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

De acuerdo a la Figura 3.8. podemos evidenciar que tenemos varias secciones y detalles que se pueden observar a simple vista. Para ello es necesario explicarle al estudiante que significa cada una y cuál es el que vamos a usar para nuestro caso.

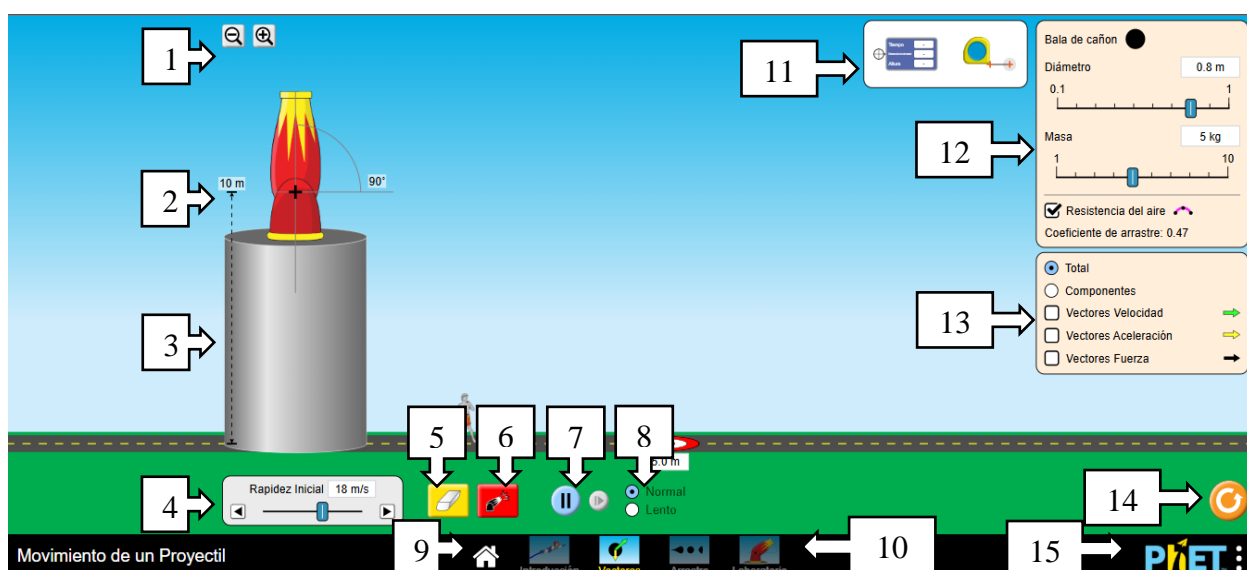


Figura 3.9. Descripción de los elementos de movimiento de un proyectil.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

De acuerdo a la Figura 3.9. se procede a dar una breve descripción de los apartados numerados en el simulador PhET:

1. Tenemos las herramientas de zoom, el cual permiten acercar o alejar la vista del escenario de la simulación.
2. La altura inicial del cañón que indica la posición desde la cual se lanza el proyectil y permite variar el ángulo que va entre valores de 90.0° a -90.0° .

3. Superficie de apoyo que representa la altura donde se realiza el lanzamiento, este puede variar desde un mínimo de cero hasta un máximo de 15.0 metros.
4. Permite ajustar la rapidez inicial con el que será lanzado el proyectil, este puede variar desde un mínimo de cero hasta un máximo de 30.0 metros por segundos.
5. Botón de reinicio el cuál se encuentra un borrador de color amarillo permite borrar la trayectoria anterior para realizar un nuevo lanzamiento.
6. Botón de lanzamiento el cuál se encuentra un cañón de color rojo y permite iniciar la simulación del disparo del proyectil.
7. Los controles de simulación pausa/reproducción y avance por tramo permiten detener o reanudan, así como avanzar por tramos dicha trayectoria.
8. Estos controles de simulación normal/lento permiten que el movimiento avance de forma normal o lento en cualquier instante para observar detalles del movimiento.
9. Permite retornar a la página principal tal como se muestra en la Figura 3.7.
10. El menú de navegación es el acceso a las secciones principales del simulador (Introducción, Vectores, Arrastre y Laboratorio).
11. Tenemos los sensores de datos (tablero blanco con azul) que muestra los datos reales de las magnitudes físicas como tiempo, distancia horizontal y altura, así como un medidor que se puede mover en todas las direcciones.
12. Tenemos un cuadro en donde podemos ajustar el diámetro y la masa de la bala de cañón, así como habilitar la opción de la resistencia del aire con un coeficiente de arrastre de 0.47.
13. En este recuadro tenemos las opciones de los vectores, el cual permite visualizar los vectores de velocidad, aceleración y fuerza, así como sus componentes.
14. Es el botón de reinicio total el cual permite restablecer la simulación a los valores predeterminados.
15. Es el logo de PhET y de opciones en donde se encuentra el acceso a información del simulador y configuraciones adicionales.

Con esta información y la descripción general de cada apartado numerado en el simulador, tal como se muestra en la Figura 3.9. se puede iniciar con el desarrollo de la secuencia didáctica destinada al grupo experimental. Los estudiantes deberán realizar ciertas configuraciones de acuerdo con lo solicitado en cada problema y, para ello, será

necesario que consulten nuevamente la descripción de los apartados numerados, de modo que puedan orientarse adecuadamente durante la ejecución de la simulación.

Ejercicio 1: Movimiento vertical con velocidad inicial

Planteamiento:

Un objeto es colocado en un cañón y lanzado verticalmente hacia arriba con una rapidez inicial de 18.0 m/s desde el nivel del suelo. Despreciando la resistencia del aire y considerando la aceleración de la gravedad de 9.81 m/s², determine:

- El tiempo que tarda en subir
- La altura máxima que alcanza
- El tiempo total de vuelo.

La configuración del estudiante debe de quedar de la siguiente forma en el simulador PhET:

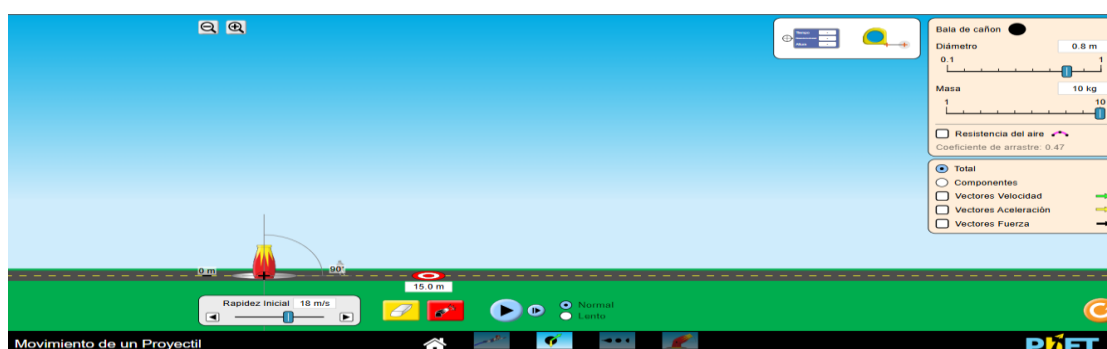


Figura 3.10. Condiciones iniciales del ejercicio 1.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

De acuerdo a la Figura 3.10. el estudiante debe:

- Configurar el lanzamiento en vertical, con rapidez inicial de 18.0 m/s.
- La gravedad que usa por defecto PhET en base a cálculos previos es aproximadamente 9.81 m/s² y quitar la opción donde dice resistencia del aire.
- Ejecute la simulación y observará que se comienza a formar una trayectoria.

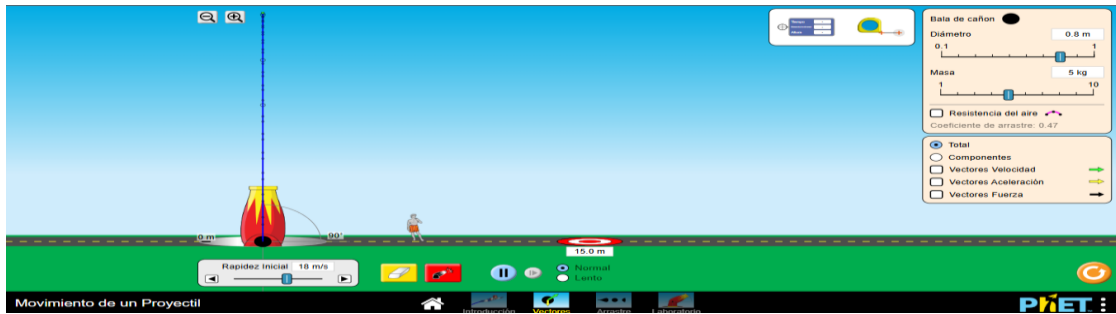


Figura 3.11. Lanzamiento del proyectil ejercicio 1.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

4. En la sección de sensor de datos va a escoger el tablero blanco con azul y lo va a arrastrar a la parte superior de la trayectoria para poder observar el tiempo de subida.
5. De la misma forma el tablero le va a mostrar la altura con respecto al suelo a la que llegó.



Figura 3.12. Valores de tiempo y altura del proyectil ejercicio 1.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

6. Por último, va a colocar el tablero en la parte inferior donde ocurrió el lanzamiento para poder visualizar el tiempo de regreso que equivaldría al tiempo que estuvo en el aire.



Figura 3.13. Tiempo de vuelo del proyectil ejercicio 1.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

7. Comparar con los cálculos teóricos obtenidos previamente, esos datos de pueden apreciar en la Tabla 3.4. Resultados del ejercicio 1.
8. Llenar la Tabla 3.9. con los datos teóricos calculados previamente y los experimentales obtenidos mediante la herramienta PhET.

Tabla 3.8. Resultados del ejercicio 1.

Literales	Resultados teóricos de la Tabla 3.4	Resultado de PhET
a) El tiempo que tarda en subir	1.83 <i>s</i>	1.83 <i>s</i>
b) La altura máxima que alcanza	16.5 <i>m</i>	16.5 <i>m</i>
c) El tiempo total de vuelo.	3.66 <i>s</i>	3.67 <i>s</i>

Nota: Se comprobó los datos teóricos con los experimentales, elaborado por el autor.

Ejercicio 2: Análisis de vectores: velocidad y aceleración.

Se parte de la base del problema anterior es decir ejercicio 1, para continuar con la explicación.

Planteamiento:

Un cañón dispara una bala verticalmente hacia arriba con rapidez inicial 18.0 m/s desde el nivel del suelo. Se pide analizar cómo varían la magnitud y dirección de los vectores velocidad y aceleración durante:

- a) El ascenso
- b) En la altura máxima
- c) En el descenso.
- d) Interprete porque la aceleración mantiene su signo negativo.

Pasos en PhET a seguir:

1. Configurar el lanzamiento en vertical, con rapidez inicial de 18.0 m/s.
2. Va a activar la opción de “vectores velocidad”.
3. Ejecute la simulación y observe como la flecha verde inicialmente tiene una magnitud muy grande, tal como se muestra en la Figura 3.14.



Figura 3.14. Lanzamiento del proyectil al momento de salir ejercicio 2.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

4. Durante su recorrido antes de llegar a su altura máxima el vector velocidad disminuye, tal como se muestra en la Figura 3.15.

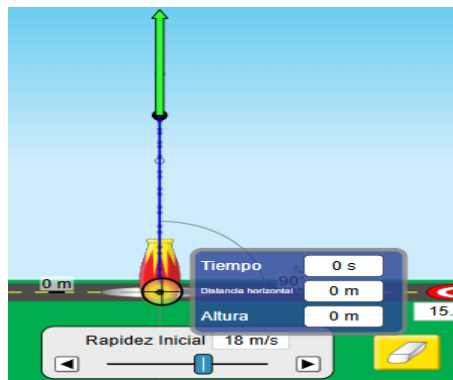


Figura 3.15. Lanzamiento del proyectil antes de su altura máxima ejercicio 2.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

5. Nótese que cuando llega a su altura máxima la flecha verde desaparece, disminuye hasta cero en la cima, tal como se muestra en la Figura 3.16.

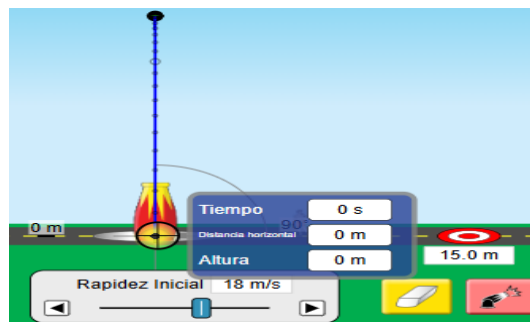


Figura 3.16. Lanzamiento del proyectil en su altura máxima ejercicio 2.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

6. Durante el descenso, al inicio el vector velocidad cambio de dirección y se dirige hacia abajo aumentando su velocidad, tal como se muestra en la Figura 3.17.



Figura 3.17. Caída libre del proyectil desde su altura máxima ejercicio 2.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

7. Continuando su trayecto de regreso, la magnitud del vector velocidad aumenta hacia abajo, tal como se observa en la Figura 3.18.

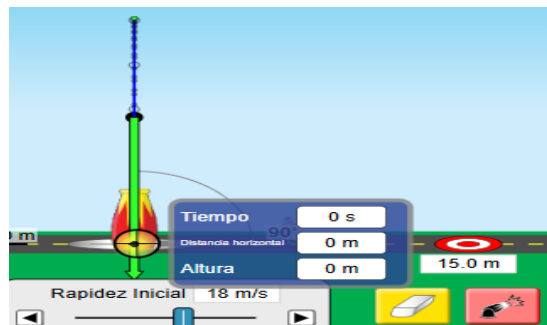


Figura 3.18. Caída libre del proyectil ejercicio 2.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

8. Cuando el objeto llega a la superficie de la Tierra, podrá observar en el tablero el valor del tiempo que equivaldría al tiempo de vuelo, es decir el tiempo que estuvo en el aire durante todo su recorrido, tal como se muestra en la Figura 3.19.



Figura 3.19. Caída libre a la superficie de la Tierra ejercicio 2.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

9. Ahora desactive el vector velocidad y va a activar el recuadro del vector aceleración de color amarillo y va a observar que ocurre durante todo el trayecto durante el ascenso y descenso, tal como se puede observar en la Figura 3.20.

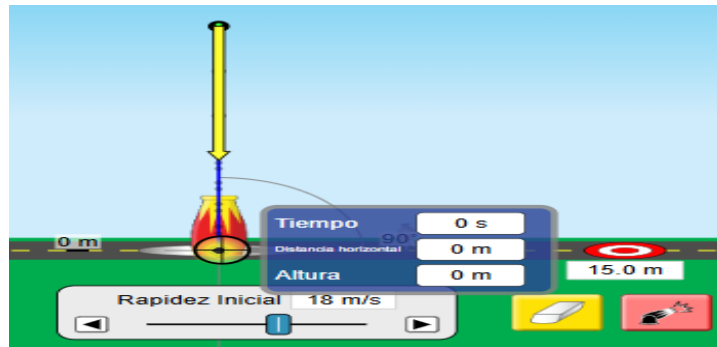


Figura 3.20. Lanzamiento del proyectil con el vector aceleración ejercicio 2.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

10. Nótese que de acuerdo a la Figura 3.20. independiente si el objeto asciende o desciende el vector aceleración nunca cambia y siempre apunta verticalmente hacia abajo dirigido hacia el centro de la Tierra, pues lo que observan en la gravedad.

Tabla 3.9. Datos recopilados del ejercicio 2.

Situación	Velocidad	Aceleración
Ascenso	La flecha de velocidad disminuye hasta hacerse pequeña	La flecha de la aceleración es constante hacia abajo durante todo su recorrido.
Altura máxima	La flecha de velocidad es igual a 0	
Descenso	La flecha de velocidad aumenta en magnitud hacia abajo.	

Nota: Descripción de los vectores velocidad y aceleración, elaborado por el autor.

Ejercicio 3: Caída libre desde altura (rapidez inicial = 0.00 m/s)

Planteamiento:

Se deja caer un objeto desde la parte superior de un acantilado de 10.0 m de altura (rapidez inicial nula). Ignorando la resistencia del aire, determine:

- El tiempo que tarda en llegar al suelo
- La velocidad con que impacta el suelo.

Pasos en PhET a seguir:

1. Configurar el lanzamiento en vertical, desde una altura de 10.0 m y con rapidez inicial de 0.00 m/s, con un ángulo de -90.0° , y desactivando la casilla de la resistencia del aire, tal como se muestra en la Figura 3.21.

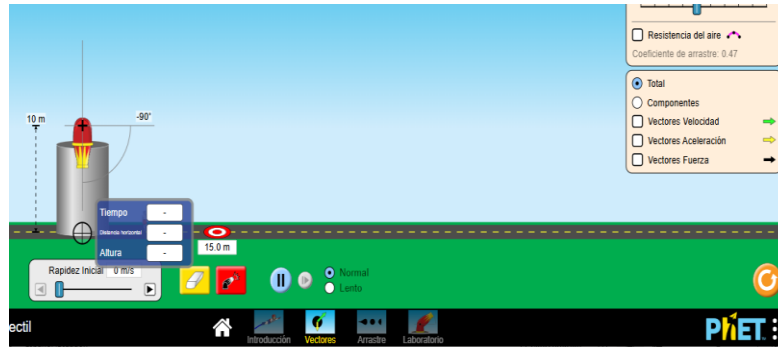


Figura 3.21. Lanzamiento del proyectil con resistencia del aire ejercicio 2.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

2. Ejecutar el lanzamiento y verificar cual es el tiempo que se demora en llegar al suelo.

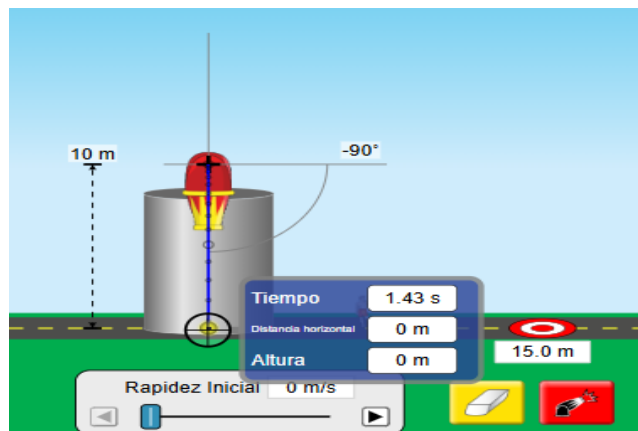


Figura 3.22. Caída libre sin resistencia del aire ejercicio 3.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

3. Nótese que de acuerdo a la Figura 3.22. el tiempo con el que llega al suelo es de 1.43 s. dato que coincide con el valor de la Tabla 3.5. Resultados del ejercicio 3.
4. Para determinar la velocidad es necesario hacer el cálculo, puesto que PhET no muestra valores de velocidades.

Tabla 3.10. Resultados del ejercicio 3.

Literales	Resultados teóricos de la Tabla 3.5	Resultado de PhET
a) El tiempo que tarda en llegar al suelo	1.43 s	1.43 s
b) La velocidad con que impacta el suelo	14.0 m/s	14.0 m/s Dato calculado

Nota: Se comprobó los datos teóricos con los experimentales, elaborado por el autor.

Ejercicio 4: Lanzamiento vertical hacia arriba desde una altura ($u > 0.00$; $\Delta y \neq 0.00$)

Planteamiento:

Un objeto es lanzado verticalmente hacia arriba con rapidez inicial $u = 18.0 \text{ m/s}$ desde una altura inicial $y_0 = 10.0 \text{ m}$. Ignorando inicialmente la resistencia del aire, determine:

- El tiempo de subida desde el lanzamiento
- La altura máxima respecto al suelo
- El tiempo de caída desde la altura máxima hasta el suelo
- El tiempo total de vuelo.
- Describa que sucede con la magnitud de los vectores velocidad y aceleración durante todo su recorrido.

Pasos en PhET a seguir:

- Configurar el lanzamiento en vertical, desde una altura de 10.0 m y con rapidez inicial de 18.0 m/s, con un ángulo de $+90.0^\circ$, y desactivando la casilla de la resistencia del aire, tal como se muestra en la Figura 3.23.

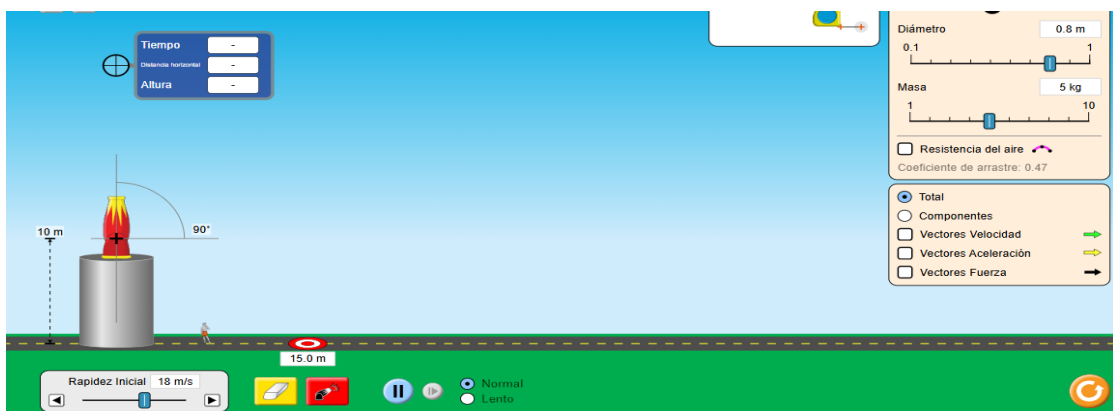


Figura 3.23. Caída libre sin resistencia del aire ejercicio 4.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

2. Proceda a ejecutar el lanzamiento y verifique cuanto le sale el tiempo de subida y la altura máxima con respecto al suelo.

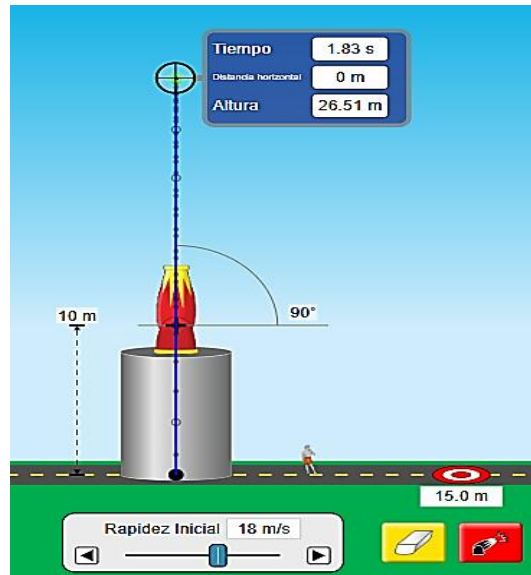


Figura 3.24. Caída libre sin resistencia del aire ejercicio 4.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

3. De acuerdo a la Figura 3.24. el tiempo de subida es de 1.83 s y la altura máxima es de 26.5 m.
4. Continúe con la trayectoria y verifique con el tablero cuanto es el tiempo total del vuelo.

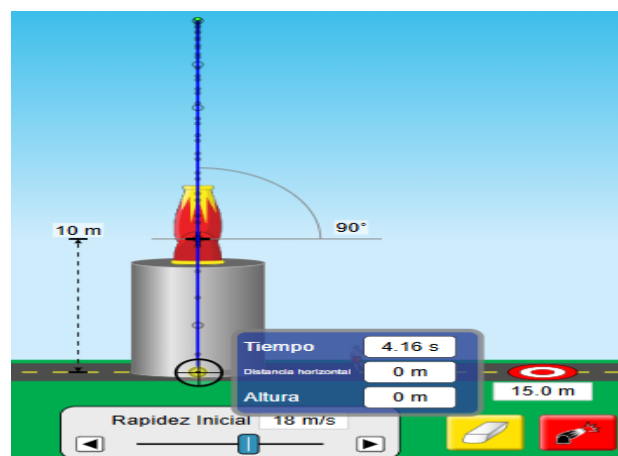


Figura 3.25. Caída libre sin resistencia del aire ejercicio 4.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

- Se puede evidenciar en la Figura 3.25 que el tiempo de vuelo fue de 4.16 s, podemos interpretar que el tiempo de bajada sería el tiempo de vuelo menos el tiempo de subida que daría $4.16 \text{ s} - 1.83 \text{ s}$ y esto es 2.33 s.
- Por último, habilite los casilleros de vector velocidad y aceleración y observe lo que ocurre.

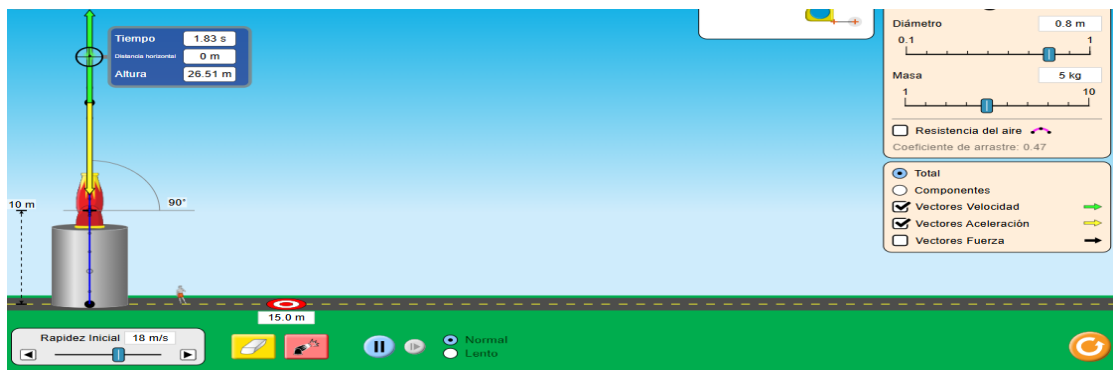


Figura 3.26. Caída libre sin resistencia del aire ejercicio 4.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

- En la Figura 3.26. podemos darnos cuenta que el vector velocidad que se visualiza con la flecha verde disminuye mientras a aumentando, pero el vector aceleración se mantiene constante y en dirección hacia abajo al centro de la Tierra.
- Continúe con la trayectoria y analice que ocurre durante el descenso.

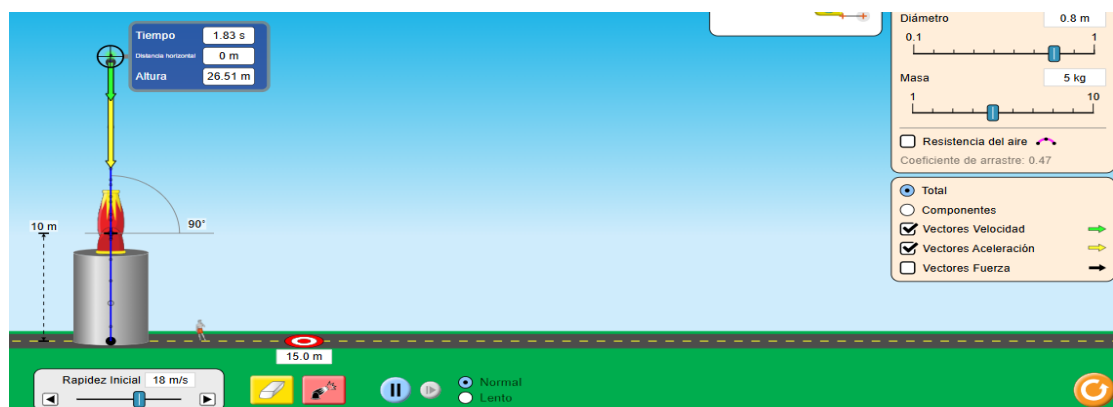


Figura 3.27. Caída libre sin resistencia del aire ejercicio 4.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

- De acuerdo a la Figura 3.27. vemos que mientras el objeto llegó a su altura máxima el vector velocidad desapareció haciéndose nulo y mientras baja

comenzaba aumentar su magnitud, pero de nuevo pudimos ver que el vector aceleración se mantenía constante y dirigiéndose verticalmente hacia abajo.

Tabla 3.11. Resultados del ejercicio 4.

Literales	Resultados teóricos de la Tabla 3.6	Resultados de PhET
a) El tiempo de subida desde el lanzamiento	1.83 s	1.83 s
b) La altura máxima respecto al suelo	26.5 m	26.5 m
c) El tiempo de caída desde la altura máxima hasta el suelo	2.32 s	2.32 s Dato calculado
d) El tiempo total de vuelo.	4.16 s	4.16 s
e) Describa que sucede con la magnitud de los vectores velocidad y aceleración durante todo su recorrido.	La velocidad disminuye al subir, en su altura máxima es cero y al momento de bajar aumenta, la aceleración permanece constante.	La velocidad disminuye al subir, en su altura máxima es cero y al momento de bajar aumenta, la aceleración permanece constante.

Nota: Sistema de referencia tomado hacia abajo como positivo, elaborado por el autor.

Ejercicio 5: Influencia de la masa despreciando la resistencia del aire.

Planteamiento:

Desde una altura de 15.0 m se deja caer un conjunto de objetos con distinto valor de masa (2.00 kg, 4.00 kg, 6.00 kg, 8.00 kg, 10.00 kg) manteniendo el mismo diámetro (0.10 m). Compare los tiempos de caída e indique si la masa influye en el tiempo de caída cuando la resistencia del aire es despreciable.

Pasos en PhET a seguir:

1. Configurar el lanzamiento en vertical, desde una altura de 15.0 m y con rapidez inicial de 0 m/s, con un ángulo de -90.0° , y desactivando la casilla de la resistencia del aire, tal como se muestra en la Figura 3.28.

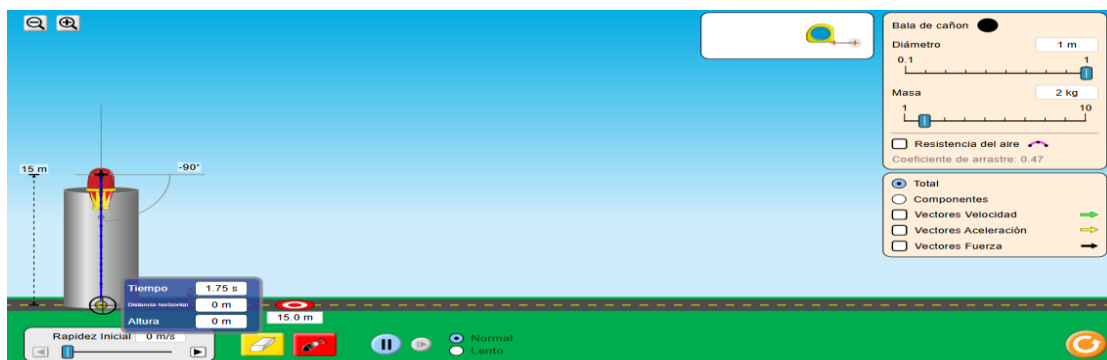


Figura 3.28. Caída libre sin resistencia del aire, masa de 2kg ejercicio 5.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

2. De la misma forma cambie el valor de la masa a 4.00 kg, luego de 6.00 kg, después a 8.00 kg y finalmente a 10.0 kg; y darnos cuenta que el tiempo de bajada se mantiene. Esto implica que en ausencia del aire la masa no afecta al tiempo de caída.

Tabla 3.12. Resultados del ejercicio 5 en ausencia del aire.

Literal	Resultados teóricos de la Tabla 3.7	Resultados PhET	Observación
La masa influye en el tiempo de caída cuando se despreja el aire.	1.75 s	1.75 s	En ausencia del aire todos los objetos caen al mismo tiempo desde la misma altura, independientemente de su masa.

Nota: Sistema de referencia tomado hacia abajo como positivo, elaborado por el autor.

3.4.3. Semana 3: Postest y retroalimentación final.

Se aplicó nuevamente la prueba validada del IB la misma que el pretest se evaluó, con una duración de 40 minutos, seguida de una retroalimentación final de 40 minutos. En esta sesión, se resolvieron dudas y se reforzaron los aprendizajes adquiridos durante la intervención.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

Para el análisis comparativo se trabajó con dos grupos de estudiantes de segundo bachillerato, conformados cada uno por 48 estudiantes. El primero corresponde al grupo de control, que recibió las clases mediante la modalidad tradicional expositiva mediante resolución de problemas, mientras que el segundo corresponde al grupo experimental, en el cual se implementó la guía didáctica con apoyo de la simulación PhET.

A los dos grupos se les aplicó el mismo instrumento de evaluación es decir una prueba inicial al que llamaremos pretest y una prueba final al que llamaremos posttest, ambas con un total de 8 preguntas seleccionadas de los ítems del Bachillerato Internacional (IB), siendo diez el puntaje máximo posible en ambas instancias.

De esta manera, los resultados permiten contrastar de forma objetiva el rendimiento académico de los estudiantes antes y después de la intervención pedagógica, tanto en la enseñanza tradicional como en el uso de la herramienta PhET.

Para obtener la información requerida se realizaron diversos análisis estadísticos: prueba de normalidad de Shapiro–Wilk, prueba de Wilcoxon de rangos con signo para muestras pareadas, prueba de Mann–Whitney U para muestras independientes y análisis estadísticos descriptivos. Todos los valores numéricos y las representaciones gráficas se generaron en el entorno de RStudio, las calificaciones se ingresaron en forma de vectores y, mediante las líneas de código correspondientes, se obtuvieron los resultados y diagramas correspondientes para ello véase el Anexo D.

4.1. Tabulación de los resultados del grupo de control y experimental

De acuerdo con la Tabla 4.1A y Tabla 4.1B. se presentan los resultados obtenidos por los 48 estudiantes que recibieron la clase tradicional , contrastando las calificaciones obtenidas en el pretest y posttest del grupo de control.

Tabla 4.1A. Calificaciones obtenidas del grupo de control.

Estudiante	Pretest	Postest
1	3.75	3.75
2	3.75	2.50
3	2.75	5.00
4	3.75	3.75
5	3.75	6.25
6	3.75	6.25
7	1.25	3.75
8	5.00	6.25
9	3.75	5.00
10	2.50	5.00
11	3.75	5.00
12	3.75	3.75
13	1.25	3.75
14	5.00	6.25
15	3.75	5.00
16	2.50	6.25
17	3.75	10.0
18	2.50	5.00
19	2.50	6.25
20	5.00	5.00
21	3.75	5.00
22	7.50	7.50
23	5.00	2.50
24	1.25	5.00

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 4.1B. Calificaciones obtenidas del grupo de control.

Estudiante	Pretest	Postest
25	2.50	6.25
26	2.50	10.0
27	3.75	2.50
28	1.25	6.25
29	2.50	5.00
30	5.00	10.0
31	5.00	8.75
32	3.75	10.0
33	2.50	6.25
34	6.25	6.25
35	5.00	6.25
36	0.00	2.50
37	2.50	7.50
38	3.75	10.0
39	2.50	5.00
40	3.75	6.25
41	5.00	10.0
42	5.00	10.0
43	3.75	6.25
44	2.50	3.75
45	6.25	8.75
46	3.75	6.25
47	5.00	8.75
48	2.50	6.25
Promedio	3.57	6.09

Fuente: Elaborada por el autor.

En el grupo de control, el promedio en el pretest fue de 3.57, mientras que en el posttest ascendió a 6.09. Esto refleja una mejora en el desempeño, sin embargo, el promedio es inferior a la nota mínima que es sobre 7.00.

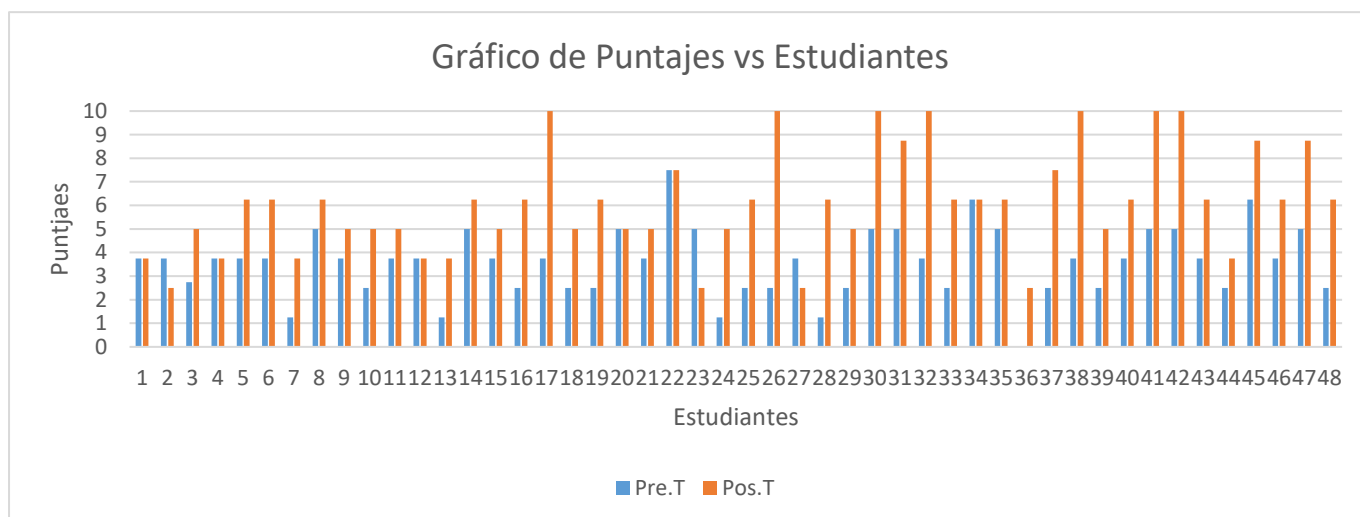


Figura 4.1. Gráfico de Puntajes vs Estudiantes, grupo de control.

Nota: Comparación de los aciertos de pretest y post test por cada estudiante.

Fuente: Elaborado por el autor.

Como se observa en la Figura 4.1, al analizar los valores extremos, el pretest presentó una calificación mínima de 0.00 y una máxima de 7.50. En el posttest, la calificación mínima fue de 2.50 y la máxima de 10.0, lo que indica una mejora en los resultados de los estudiantes. Además, los datos permiten identificar tres tendencias principales, tal como se detalla en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Cambios en la calificación del pretest al posttest en el grupo de control.

Resultado de la comparación	Estudiantes	Porcentaje
Aumentaron su calificación (post > pre)	39	81.3%
Disminuyeron su calificación (post < pre)	3	6.25%
Sin variación (post = pre)	6	12.4%
Total	48	100%

Fuente: Elaborada por el autor.

Es importante destacar que siete estudiantes obtuvieron la calificación máxima de 10.0 en el posttest, mostrando un dominio de los contenidos después de aplicar el método.

De acuerdo a la Tabla 4.3A. y Tabla 4.3B. se presentan los resultados de los 48 estudiantes que recibieron la clase con la herramienta PhET, permitiendo comparar sus calificaciones en el pretest y el posttest.

Tabla 4.3A. Calificaciones obtenidas del grupo experimental.

Estudiante	Pretest	Postest
1	0.00	8.75
2	0.00	7.50
3	0.00	7.50
4	2.50	7.50
5	5.00	8.75
6	3.75	7.50
7	3.75	6.25
8	2.50	7.50
9	5.00	10.0
10	5.00	10.0
11	3.75	8.75
12	3.75	8.75
13	3.75	8.75
14	2.50	8.75
15	2.50	6.25
16	3.75	8.75
17	1.25	7.50
18	3.75	8.75
19	5.00	7.50
20	3.75	7.50
21	3.75	7.50
22	5.00	8.75
23	3.75	10.0
24	8.75	10.0

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 4.3B. Calificaciones obtenidas del grupo experimental.

Estudiante	Pretest	Postest
25	3.75	7.50
26	3.75	3.75
27	6.25	10.0
28	5.00	10.0
29	3.75	10.0
30	2.50	8.75
31	5.00	8.75
32	3.75	7.50
33	5.00	7.50
34	5.00	8.75
35	2.50	8.75
36	5.00	5.00
37	5.00	8.75
38	6.25	10.0
39	8.75	10.0
40	7.50	10.0
41	6.25	8.75
42	3.75	7.25
43	3.75	7.50
44	3.75	10.0
45	6.25	8.75
46	8.75	10.0
47	3.75	7.50
48	5.00	7.50
Promedio	4.22	8.35

Fuente: Elaborada por el autor.

De acuerdo a la Tabla 4.3A. y Tabla 4.3B. el grupo experimental mostró un progreso considerable, con un promedio de 4.22 en el pretest y luego de la intervención aumentó a 8.35 en el posttest, superando la calificación mínima de aprobación de 7.00

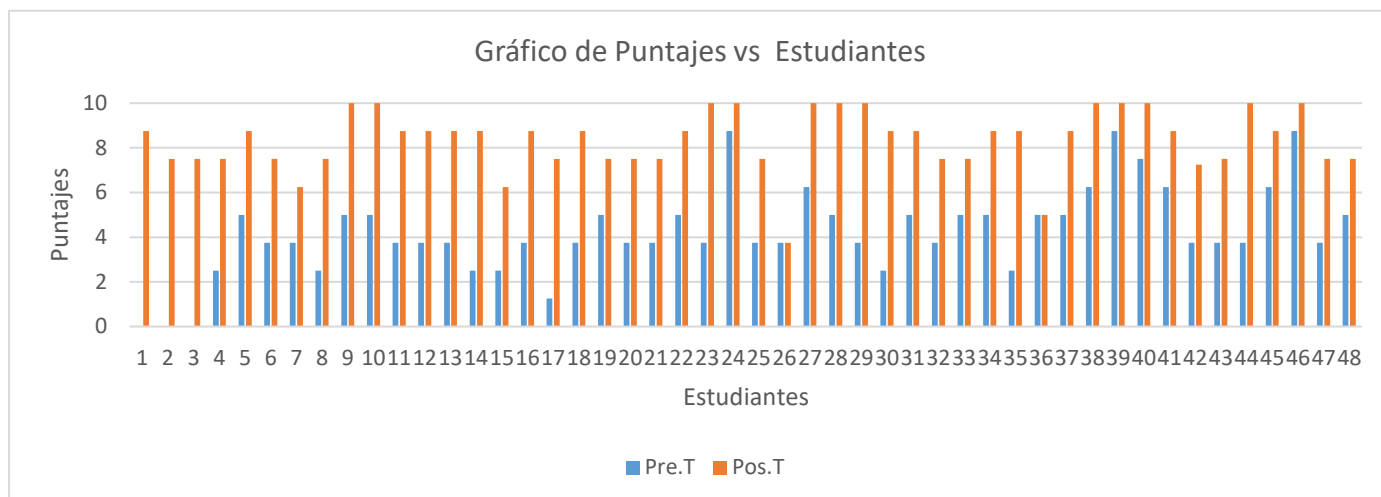


Figura 4.2. Gráfico de Puntajes vs Estudiantes, grupo experimental.

Nota: Comparación de los aciertos de pretest y post test por cada estudiante.

Fuente: Elaborado por el autor.

Como se aprecia en la Figura 4.2, al analizar los valores extremos, el pretest registró una calificación mínima de 0.00 y una máxima de 8.75. En el posttest, la calificación mínima fue de 3.75 y la máxima de 10.0, mostrando una mejora en los resultados obtenidos por los estudiantes. Además, los datos permiten identificar tres tendencias principales, tal como se detalla en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Cambios en la calificación del pretest al posttest en el grupo experimental.

Resultado de la comparación	Estudiantes	Porcentaje
Aumentaron su calificación (post > pre)	46	95.8%
Disminuyeron su calificación (post < pre)	0	0.00%
Sin variación (post = pre)	2	4.20%
Total	48	100%

Fuente: Elaborada por el autor.

Asimismo, cabe resaltar que doce estudiantes obtuvieron la calificación máxima de 10.0 en el posttest, mostrando un claro dominio de los contenidos luego de la instrucción.

4.2. Análisis estadístico descriptivo del grupo de control y experimental.

A continuación, se presenta el análisis estadístico descriptivo correspondiente al grupo de control.

Tabla 4.5. Análisis estadístico del grupo de control.

Estadístico	Pretest	Postest
Media	3.57	6.09
Mediana	3.75	6.25
Moda	3.75	6.25
Desviación estándar	1.45	2.21
IC 95.0% (límites)	3.16 – 3.98	5.47 – 6.72
Q1 (25 %)	2.50	5.00
Q2 (50 %)	3.75	6.25
Q3 (75 %)	5.00	6.56

Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo con la Tabla 4.5. la media aumentó de 3.57 en el pretest a 6.09 en el postest, evidenciando una mejora moderada en el promedio general. De igual forma, la mediana pasó de 3.75 a 6.25, lo que indica que al menos la mitad de los estudiantes alcanzó calificaciones superiores a 6.00. La desviación estándar, en cambio, se incrementó de 1.45 a 2.21, mostrando que, aunque el rendimiento global mejoró, las calificaciones se distribuyeron con mayor variabilidad en el postest.

A continuación, se presenta el análisis estadístico descriptivo correspondiente al grupo de experimental.

Tabla 4.6. Análisis estadístico del grupo experimental.

Estadístico	Pretest	Postest
Media	4.22	8.35
Mediana	3.75	8.75
Moda	3.75	8.75
Desviación estándar	1.96	1.37
IC 95.0 % (LI–LS)	3.67–4.77	7.97–8.74
Q1 (25 %)	3.75	7.50
Q2 (50 %)	3.75	8.75
Q3 (75 %)	5.00	9.06

Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo a la Tabla 4.6. la media se duplicó aproximadamente de 4.22 a 8.35 indicando que el promedio general mejoró. De la misma forma la mediana pasó de 3.75 a 8.75, lo que refleja que al menos la mitad del grupo alcanzó puntajes muy altos tras la intervención. Al cambio la desviación estándar disminuyó de 1.96 a 1.37, indicando que las calificaciones se concentraron más alrededor de la media en el postest, mostrando un aprendizaje más homogéneo entre los estudiantes. Los cuartiles evidencian que *todo* el grupo mejoró, incluso los estudiantes con notas más bajas subieron de manera significativa y la mayoría alcanzó calificaciones cercanas a 9.00 en el postest.

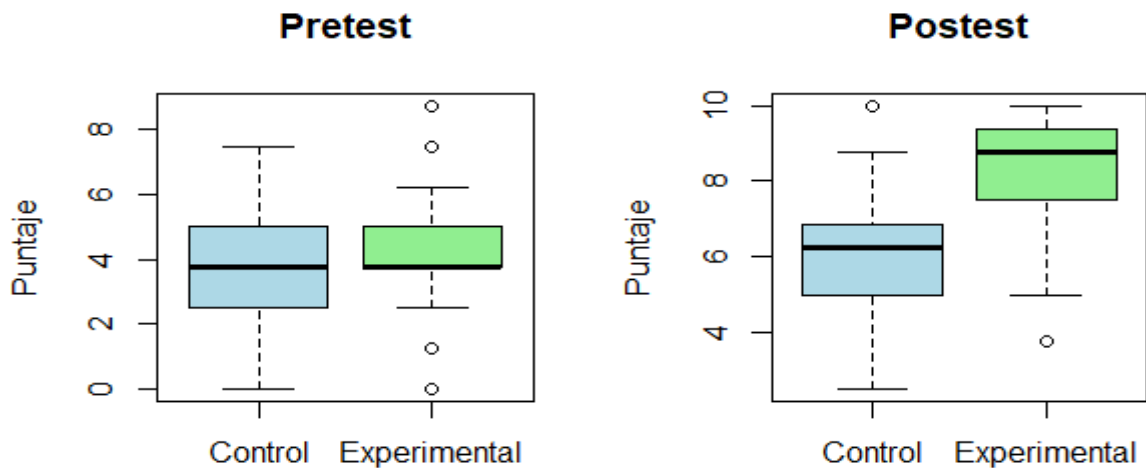


Figura 4.3. Diagrama de cajas del grupo control y experimental.

Fuente: Elaborado por el autor.

Los diagramas de cajas muestran que los cuartiles se desplazaron hacia calificaciones más altas, destacando el grupo experimental, donde la mitad central de los puntajes se concentra en los valores superiores al grupo de control en el posttest. En el pretest de este grupo se observan valores atípicos muy bajos entre 0.00 y 1.25 y algunos altos entre 7.50 y 8.50, mientras que en el posttest solo aparece un punto aislado cercano a 3.75. En el grupo de control, el posttest incluye un valor atípico en 10.0, indicando un muy buen desempeño. En conjunto, el diagrama de cajas refleja una mejora clara en ambos grupos, siendo más marcada y uniforme en el experimental, y más moderada y dispersa en el control. Esto implica que el grupo experimental presentó un incremento sustancial y consistente en su rendimiento tras la intervención, con puntuaciones altas y homogéneas, lo que respalda la efectividad del tratamiento aplicado.

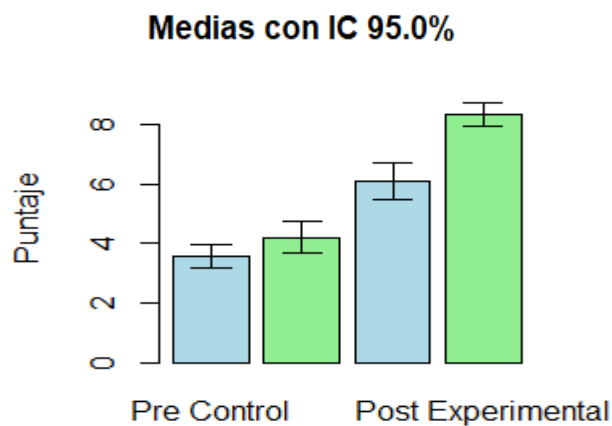


Figura 4.4. Medias con IC 95.0% del grupo de control y experimental.

Fuente: Elaborado por el autor.

El gráfico de medias con IC 95.0 % se muestrea las dos primeras barras de color celeste y verde que representa el pre control y experimental respectivamente y las dos continuas el post control y experimental, se evidencia que el grupo experimental tuvo un incremento significativo y consistente en las calificaciones, mientras que el grupo control mostró una mejora moderada con mayor superposición de intervalos, indicando menor uniformidad en los avances.

4.3. Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk.

Para evaluar si los datos de los grupos de control y experimental siguen una distribución normal, se aplicó la prueba de Shapiro–Wilk. Esta prueba utiliza un estadístico W que varía entre 0 y 1, donde valores cercanos a 1 indican que la distribución observada se ajusta bien a una distribución normal. Sin embargo, la decisión final sobre la normalidad se basa en el p -valor: si $p > 0.05$ no se rechaza la hipótesis nula y se asume normalidad; si $p \leq 0.05$, se concluye que los datos no siguen una distribución normal.

Tabla 4.7. Prueba de Normalidad al grupo de control.

Medición	W	p-valor	Interpretación
Pretest	0.94	0.016	$p \leq 0.05 \rightarrow$ No normal
Posttest	0.91	0.0012	$p \leq 0.05 \rightarrow$ No normal

Fuente: Elaborada por el autor.

Según la Tabla 4.7. los valores de W reflejan el grado de cercanía a una distribución normal; sin embargo, en ambos casos los p -valores son menores a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Esto indica que las calificaciones del grupo de control no siguen una distribución normal.

Tabla 4.8. Prueba de Normalidad al grupo experimental.

Medición	W	p-valor	Interpretación
Pretest	0.92	0.002	$p \leq 0.05 \rightarrow$ No normal
Posttest	0.86	4.92e-05	$p \leq 0.05 \rightarrow$ No normal

Fuente: Elaborada por el autor.

De acuerdo con la Tabla 4.8. los valores de W reflejan qué tan cercanos están los datos a una distribución normal. No obstante, dado que los p -valores son muy inferiores a 0.05, se confirma que estos datos tampoco siguen una distribución normal.

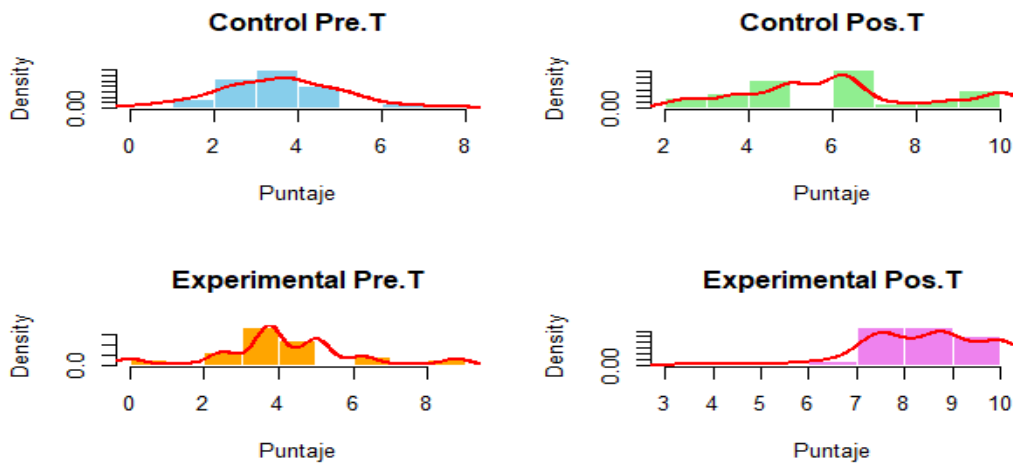


Figura 4.5. Histograma del Grupo de control y experimental.

Fuente: Elaborada por el autor.

En la Figura 4.5. se muestran los histogramas que permiten visualizar la forma de las distribuciones. El pretest del grupo de control se acercó más a una curva normal, pero como todos los p-valores son menores a 0.05, podemos concluir que ninguna distribución cumple con el supuesto de normalidad, tal como lo indica la prueba de Shapiro–Wilk.

4.4. Prueba de Mann–Whitney U (Wilcoxon rank sum)

Dado que los datos no cumplen con el supuesto de normalidad usando la prueba de Shapiro–Wilk para un $p \leq 0.05$, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U para comparar las calificaciones del grupo experimental y el de control. La hipótesis nula (H_0) establece que no existen diferencias entre las distribuciones de ambos grupos. Para tomar la decisión se utiliza el valor de p, considerando que si $p \leq 0.05$ permite rechazar H_0 . De este modo, esta prueba permite determinar si el grupo experimental obtuvo calificaciones significativamente superiores al grupo de control.

Tabla 4.9. Comparación Pretest: Experimental > Control

Comparación	Estadístico W	p-valor	Decisión ($\alpha = 0.05$)
Pretest (Exp > Ctrl)	1403	2.87e-02	Rechaza H_0

Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo con la Tabla 4.9. el p-valor es menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de distribuciones. Esto indica que las calificaciones del pretest del grupo experimental tienden a ser mayores que las del grupo de control.

Tabla 4.10. Comparación Posttest: Experimental > Control

Comparación	Estadístico W	p-valor	Decisión ($\alpha = 0.05$)
Postest (Exp > Ctrl)	1836	1.83e-07	Rechaza H_0

Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo con la Tabla 4.10, al ser el p-valor tan pequeño (< 0.001), se rechaza con claridad la hipótesis nula, indicando que las calificaciones del posttest del grupo experimental superan a las del grupo de control.

Los resultados de la prueba de Mann–Whitney U revelan que el grupo experimental obtuvo calificaciones mayores que el grupo de control, tanto en el pretest como en el posttest. Esto indica que la intervención tuvo un efecto positivo, favoreciendo el rendimiento académico del grupo experimental.

4.5. Prueba de Wilcoxon signed-rank

Para evaluar si hubo mejoras significativas dentro de cada grupo entre el pretest y el posttest, se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon signed-rank. Esta prueba permite determinar si las calificaciones aumentaron significativamente tras la intervención dentro del mismo grupo permitiendo cuantificar si el grupo mejoró internamente y comparando los resultados entre grupos para evaluar quién tuvo un mejor rendimiento académico.

La hipótesis nula (H_0) establece que no existen diferencias en la distribución de calificaciones entre el pretest y el posttest dentro de cada grupo, es decir, que la mediana de las diferencias es igual a cero. La hipótesis alternativa (H_1) plantea que las calificaciones del posttest son mayores que las del pretest, indicando que la mediana de las diferencias es positiva. El rechazo de H_0 , determinado a través del p-valor, permite concluir que hubo una mejora significativa en el rendimiento del grupo evaluado.

Tabla 4.11. Prueba de Wilcoxon signed-rank del Grupo Experimental

Grupo	Estadístico V	p-valor	Decisión ($\alpha = 0.05$)
Experimental	0.00	1.45×10^{-9}	Rechaza H_0

Fuente: Elaborado por el autor.

Según la Tabla 4.11. el p-valor es extremadamente pequeño (< 0.001), por lo que se rechaza la hipótesis nula de que no hay diferencia entre el pretest y el postest. Esto indica que el grupo experimental mejoró tras la intervención. El estadístico $V = 0$ refleja que no hubo diferencias negativas, es decir, ningún estudiante obtuvo una calificación menor en el postest que en el pretest.

Tabla 4.12. Prueba de Wilcoxon signed-rank Grupo de Control

Grupo	Estadístico V	p-valor	Decisión ($\alpha = 0.05$)
Control	29.5	5.54×10^{-8}	Rechaza H_0

Fuente: Elaborado por el autor.

La Tabla 4.12 muestra que el p-valor del grupo de control es muy bajo (< 0.001), por lo que se rechaza la hipótesis nula. Sin embargo, el grupo mejoró entre el pretest y el postest; por lo que tres estudiantes tuvieron calificaciones menores que en su propio pretest, lo que explica que el estadístico V sea mayor que en el grupo experimental.

Ambos grupos presentaron mejoras de pretest a postest. En ambos casos, el p-valor fue menor a 0.05, lo que permite rechazar la hipótesis nula y concluir que las mejoras observadas no son producto del azar. Al comparar los estadísticos V y los rangos de cambio, se observa que el grupo experimental no solo mejoró de manera consistente en prácticamente todos los estudiantes $V = 0.00$, sino que también alcanzó un aumento más pronunciado que el grupo control $V = 29.5$, donde las mejoras fueron menos uniformes. Esto confirma que la intervención tuvo un efecto más fuerte y homogéneo en el rendimiento académico del grupo experimental.

4.6. Resultados de la ganancia normalizada de Hake del grupo experimental.

En concordancia con la sección 2.4.4. la Tabla 4.13. muestra la ganancia normalizada individual de Hake (última columna), además de presentar los resultados de la prueba pretest (Pre.T), la prueba postest (Pos.T), la diferencia entre ambas (Pos.T – Pre.T) y la diferencia máxima posible entre el valor máximo de la prueba, que es 10.0, y la prueba pretest (10.0 – Pre.T).

Tabla 4.13A. Resultados de la ganancia de Hake del grupo experimental.

Estudiante	Pretest	Postest	Pos.T - Pre.T	10.0 - Pre.T	g
1	0.00	8.75	8.75	10.0	0.88
2	0.00	7.50	7.50	10.0	0.75
3	0.00	7.50	7.50	10.0	0.75
4	2.50	7.50	5.00	7.50	0.67
5	5.00	8.75	3.75	5.00	0.75
6	3.75	7.50	3.75	6.25	0.60
7	3.75	6.25	2.50	6.25	0.40
8	2.50	7.50	5.00	7.50	0.67
9	5.00	10.0	5.00	5.00	1.00
10	5.00	10.0	5.00	5.00	1.00
11	3.75	8.75	5.00	6.25	0.80
12	3.75	8.75	5.00	6.25	0.80
13	3.75	8.75	5.00	6.25	0.80
14	2.50	8.75	6.25	7.50	0.83
15	2.50	6.25	3.75	7.50	0.50
16	3.75	8.75	5.00	6.25	0.80
17	1.25	7.50	6.25	8.75	0.71
18	3.75	8.75	5.00	6.25	0.80
19	5.00	7.50	2.50	5.00	0.50
20	3.75	7.50	3.75	6.25	0.60
21	3.75	7.50	3.75	6.25	0.60
22	5.00	8.75	3.75	5.00	0.75
23	3.75	10.0	6.25	6.25	1.00
24	8.75	10.0	1.25	1.25	1.00

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 4.13B. Resultados de la ganancia de Hake del grupo experimental.

Estudiante	Pretest	Postest	Pos.T - Pre.T	10.0 - Pre.T	g
25	3.75	7.50	3.75	6.25	0.60
26	3.75	3.75	0.00	6.25	0.00
27	6.25	10.0	3.75	3.75	1.00
28	5.00	10.0	5.00	5.00	1.00
29	3.75	10.0	6.25	6.25	1.00
30	2.50	8.75	6.25	7.50	0.83
31	5.00	8.75	3.75	5.00	0.75
32	3.75	7.50	3.75	6.25	0.60
33	5.00	7.50	2.50	5.00	0.50
34	5.00	8.75	3.75	5.00	0.75
35	2.50	8.75	6.25	7.50	0.83
36	5.00	5.00	0.00	5.00	0.00
37	5.00	8.75	3.75	5.00	0.75
38	6.25	10.0	3.75	3.75	1.00
39	8.75	10.0	1.25	1.25	1.00
40	7.50	10.0	2.50	2.50	1.00
41	6.25	8.75	2.50	3.75	0.67
42	3.75	7.25	3.50	6.25	0.56
43	3.75	7.50	3.75	6.25	0.60
44	3.75	10.0	6.25	6.25	1.00
45	6.25	8.75	2.50	3.75	0.67
46	8.75	10.0	1.25	1.25	1.00
47	3.75	7.50	3.75	6.25	0.60
48	5.00	7.50	2.50	5.00	0.50
Promedio	4.22	8.35			0.73

Fuente: Elaborada por el autor.

De acuerdo a la Tabla 4.13^a. y Tabla 4.13B. se observa que la ganancia normalizada promedio de Hake es 0.73, ubicado dentro del rango alto ($g > 0.70$). Al analizar las ganancias normalizadas individuales, 47 estudiantes tienen valores positivos, sin embargo, solo un estudiante presentó una ganancia negativa, lo que indica que la calificación en el Post Test fue menor que en el Pretest.

La Figura 4.6. muestra la distribución de las ganancias normalizadas de Hake, cada rombo representa a un estudiante, permitiendo visualizar el progreso individual y cómo se distribuyen los resultados dentro de los rangos establecidos en la sección 2.4.4.

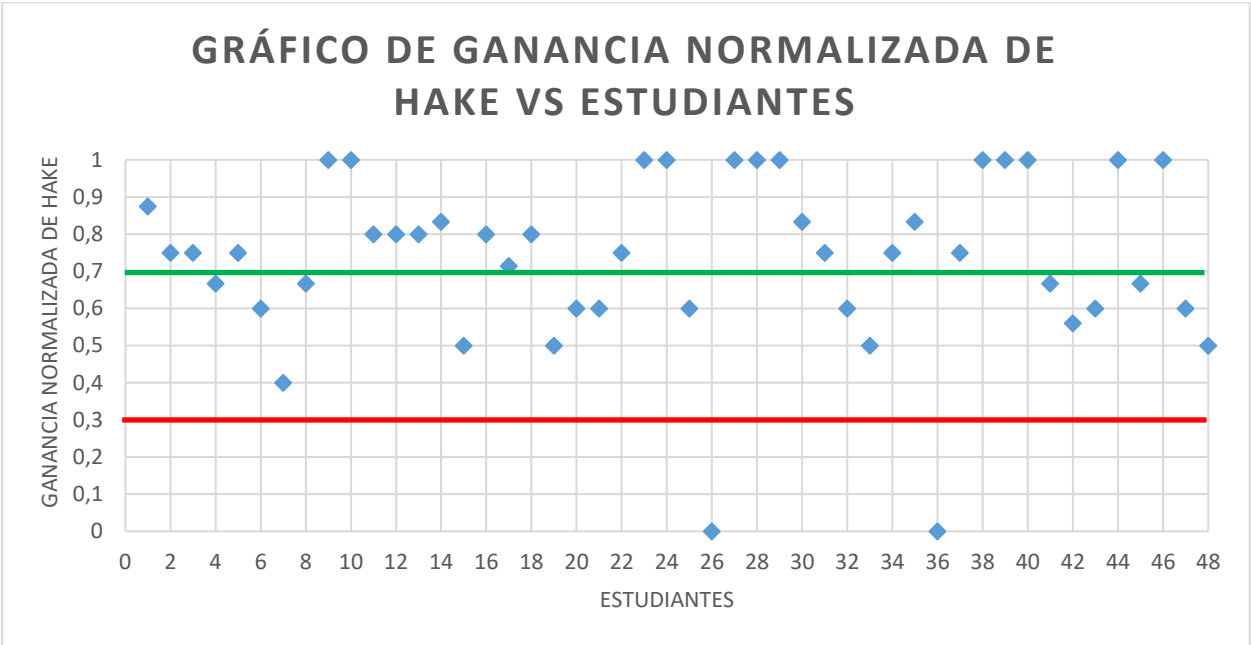


Figura 4.6. Gráfico de Ganancia Normalizada de Hake vs Estudiantes del grupo experimental.
Fuente: Elaborada por el autor.

De acuerdo con los criterios establecidos en la sección 2.4.4. los resultados se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 4.14. Rango de estudiantes de la ganancia Normalizada de Hake.

Tamaño del efecto	Valor de g	Interpretación
Bajo	$g \leq 0.30$	2 estudiantes tuvieron un efecto limitado en el aprendizaje
Medio	$0.30 < g \leq 0.70$	17 estudiantes mejoraron notablemente.
Alto	$g > 0.70$	29 estudiantes fueron muy efectivos

Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo a la Tabla 4.14. la mayoría de los estudiantes alcanzó una ganancia alta ($g > 0.70$), lo que refleja un avance significativo en el aprendizaje. Un grupo menor se ubicó en el rango medio ($0.30 < g \leq 0.70$) y solo dos estudiantes presentaron ganancias bajas ($g \leq 0.30$). Estos resultados evidencian que, el grupo logró mejoras notables, aunque persisten diferencias individuales en la forma en que los estudiantes responden al proceso de enseñanza.

4.7. Resultados de la ganancia normalizada de Hake al grupo de control.

En concordancia con la sección 2.4.4. las Tablas 4.15A. y 4.15B. muestran los resultados de pretest y posttest, la diferencia entre ambas puntuaciones (Pos.T – Pre.T), la diferencia máxima posible respecto a la calificación máxima de la prueba (10.0 – Pre.T) y, en la última columna, la ganancia normalizada individual de Hake, que permite observar el progreso de cada estudiante.

Tabla 4.15A. Resultados de la ganancia de Hake del grupo de control.

Estudiante	Pretest	Postest	Pos.T - Pre.T	10 - Pre.T	g
1	3.75	3.75	0.00	6.25	0.00
2	3.75	2.50	-1.25	6.25	-0.20
3	2.75	5.00	2.25	7.25	0.31
4	3.75	3.75	0.00	6.25	0.00
5	3.75	6.25	2.50	6.25	0.40
6	3.75	6.25	2.50	6.25	0.40
7	1.25	3.75	2.50	8.75	0.29
8	5.00	6.25	1.25	5.00	0.25
9	3.75	5.00	1.25	6.25	0.20
10	2.50	5.00	2.50	7.50	0.33
11	3.75	5.00	1.25	6.25	0.20
12	3.75	3.75	0.00	6.25	0.00
13	1.25	3.75	2.50	8.75	0.29
14	5.00	6.25	1.25	5.00	0.25
15	3.75	5.00	1.25	6.25	0.20
16	2.50	6.25	3.75	7.50	0.50
17	3.75	10.0	6.25	6.25	1.00
18	2.50	5.00	2.50	7.50	0.33
19	2.50	6.25	3.75	7.50	0.50
20	5.00	5.00	0.00	5.00	0.00
21	3.75	5.00	1.25	6.25	0.20
22	7.50	7.50	0.00	2.50	0.00
23	5.00	2.50	-2.50	5.00	-0.50
24	1.25	5.00	3.75	8.75	0.43

Fuente: Elaborada por el autor.

Tabla 4.15B. Resultados de la ganancia de Hake del grupo de control.

Estudiante	Pretest	Postest	Pos.T - Pre.T	10 - Pre.T	g
25	2.50	6.25	3.75	7.50	0.50
26	2.50	10.0	7.50	7.50	1.00
27	3.75	2.50	-1.25	6.25	-0.20
28	1.25	6.25	5.00	8.75	0.57
29	2.50	5.00	2.50	7.50	0.33
30	5.00	10.0	5.00	5.00	1.00
31	5.00	8.75	3.75	5.00	0.75
32	3.75	10.0	6.25	6.25	1.00
33	2.50	6.25	3.75	7.50	0.50
34	6.25	6.25	0.00	3.75	0.00
35	5.00	6.25	1.25	5.00	0.25
36	0.00	2.50	2.50	10.0	0.25
37	2.50	7.50	5.00	7.50	0.67
38	3.75	10.0	6.25	6.25	1.00
39	2.50	5.00	2.50	7.50	0.33
40	3.75	6.25	2.50	6.25	0.40
41	5.00	10.0	5.00	5.00	1.00
42	5.00	10.0	5.00	5.00	1.00
43	3.75	6.25	2.50	6.25	0.40
44	2.50	3.75	1.25	7.50	0.17
45	6.25	8.75	2.50	3.75	0.67
46	3.75	6.25	2.50	6.25	0.40
47	5.00	8.75	3.75	5.00	0.75
48	2.50	6.25	3.75	7.50	0.50
Promedio	3.57	6.09			0.39

Fuente: Elaborada por el autor.

De acuerdo a la Tabla 4.15A. y Tabla 4.15B. se observa que la ganancia normalizada promedio de Hake es 0.39, ubicado dentro del rango medio ($0.30 < g \leq 0.70$). Al analizar las ganancias normalizadas individuales, la mayoría de los estudiantes obtuvieron valores positivos; sin embargo, tres estudiantes presentaron ganancias negativas, lo que indica que sus calificaciones en el Post Test fueron menores que en el Pretest .

La Figura 4.7. muestra la distribución de las ganancias normalizadas de Hake cada rombo representa a un estudiante, permitiendo visualizar el progreso individual y cómo se distribuyen los resultados dentro de los rangos establecidos en la sección 2.4.4.

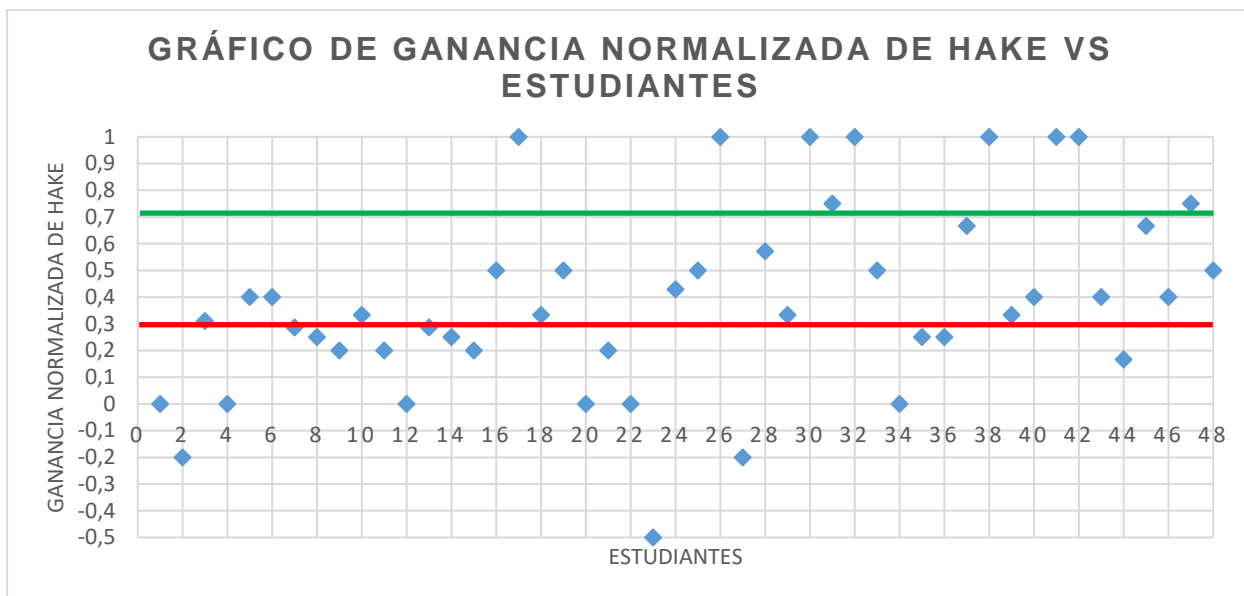


Figura 4.7. Gráfico de Ganancia Normalizada de Hake vs Estudiantes del grupo de control.

Fuente: Elaborada por el autor.

De acuerdo con los criterios establecidos en la sección 2.4.4, los resultados se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 4.16. Rango de estudiantes de la ganancia Normalizada de Hake

Tamaño del efecto	Valor de g	Interpretación
Bajo	$g \leq 0.30$	20 estudiantes tuvieron un efecto limitado en el aprendizaje
Medio	$0.30 < g \leq 0.70$	19 estudiantes mejoraron notablemente.
Alto	$g > 0.70$	9 estudiantes fueron muy efectivos

Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo a la Tabla 4.16. de los 20 estudiantes que obtuvieron una ganancia baja sólo tres estudiantes tuvieron ganancia negativa. Cabe destacar que los tres estudiantes con ganancia negativa presentaron calificaciones menores en el Postest que en el Pretest, lo que evidencia un bajo desempeño.

Estos resultados muestran que, aunque la mayoría de los estudiantes del grupo de control lograron mejoras, la distribución de la ganancia es heterogénea, indicando que no todos los estudiantes responden de la misma manera a un mismo método de enseñanza.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del promedio de la ganancia normalizada de Hake.

Tabla 4.17. Promedio de la ganancia normalizada de Hake por grupo.

Grupo	Ganancia de Hake (promedio)
Control	0.39
Experimental	0.73

Fuente: Elaborado por el autor.

4.8. Tabla de resultados del Alfa de Cronbach

Se calculó el alfa de Cronbach usando la función `alpha()` del paquete `psych` en Rstudio (véase Anexo F) para evaluar la consistencia interna de los ítems que miden el grado de satisfacción del grupo experimental con las simulaciones PhET. Esto permite determinar qué tan coherentes son las respuestas de los ítems que evalúan un mismo constructo.

Tabla 4.18. Tabla de valores en escala de Likert (1-5)

Estud iantes	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10
1	4	4	5	4	5	5	3	4	4	5
2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1
3	4	4	5	4	3	4	4	4	3	4
4	4	4	5	5	4	3	3	4	4	5
5	3	4	4	5	3	4	4	3	3	5
6	4	4	4	4	4	3	5	4	4	4
7	4	5	5	5	3	3	5	5	4	4
8	4	2	4	4	2	4	4	4	4	4
9	4	3	4	4	5	5	4	4	4	4
10	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4
11	3	4	5	2	4	3	2	3	4	5
12	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
13	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	4	3	3	3	2	4	4	4	5	3
15	3	3	3	4	2	3	3	3	2	3
16	1	3	3	3	1	1	1	1	1	2
17	4	4	4	4	3	4	3	2	3	3
18	3	5	5	5	4	4	5	3	4	5
19	5	4	3	4	5	5	5	5	4	5
20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
21	4	5	5	4	4	5	5	5	4	3
22	5	5	3	4	4	5	2	5	3	4
23	4	3	3	4	3	3	5	4	3	4
24	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
25	3	5	4	3	4	3	4	5	3	5
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	3	4	2	4	3	3	3	3	3	5
28	4	4	5	4	5	4	5	4	5	4
29	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
30	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
31	4	5	4	5	5	5	4	4	5	5
32	5	5	5	5	3	5	5	3	3	5
33	4	4	3	5	4	5	3	5	2	5
34	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
35	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5
36	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
37	4	4	2	3	3	3	3	5	3	4
38	5	3	4	3	2	3	3	4	4	3
39	4	5	4	3	4	5	4	5	4	4
40	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1
41	4	4	5	5	4	3	3	4	4	5
42	4	4	4	4	4	3	5	4	4	4
43	4	2	4	4	2	4	4	4	4	4
44	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4
45	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
46	4	3	3	3	2	4	4	4	5	3
47	1	3	3	3	1	1	1	1	1	2
48	3	5	5	5	4	4	5	3	4	5

Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo a la Tabla 4.18. se puede observar la escala Likert que fueron registradas por los estudiantes del grupo experimental.

Tabla 4.19. Alfa de Cronbach del grupo experimental.

Grupo	Alfa de Cronbach	Interpretación
Experimental	0.96	Excelente confiabilidad

Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo a la Tabla 4.19. se calculó el alfa de Cronbach, obteniéndose un valor de 0.96, lo que indica muy alta consistencia interna. Esto demuestra que la encuesta es un instrumento confiable con una excelente consistencia interna. para medir la percepción de los estudiantes sobre el uso de las simulaciones PhET.

Adicionalmente, al observar los resultados individuales de cada ítem, se evidencia que la eliminación de cualquiera de ellos no aumentaría significativamente el alfa, confirmando que todos los ítems contribuyen de manera adecuada a medir el constructo.

Tabla 4.20. Promedios y porcentaje de estudiantes que respondieron 4 o 5 en la escala Likert por ítem.

Ítems	Promedio (respuestas 4–5)	% Estudiantes de acuerdo/muy de acuerdo
Ítem 1	3.65	66.7
Ítem 2	3.73	60.4
Ítem 3	3.75	58.3
Ítem 4	3.81	62.5
Ítem 5	3.38	52.1
Ítem 6	3.62	54.2
Ítem 7	3.62	56.3
Ítem 8	3.67	62.5
Ítem 9	3.60	58.3
Ítem 10	3.90	68.8

Fuente: Elaborado por el autor.

La Tabla 4.20. muestra los promedios de los ítems considerando únicamente las respuestas 4 y 5 de la escala Likert, junto con el porcentaje de estudiantes que eligieron estas opciones. Los resultados evidencian que la mayoría de los estudiantes percibió positivamente el uso de PhET, con porcentajes de acuerdo que oscilan entre 52.0% y 69.0%. Esto permite inferir que los estudiantes valoraron la herramienta y percibieron un impacto positivo en su aprendizaje, respaldando los resultados de rendimiento académico obtenidos en el grupo experimental

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. Se cumplieron los objetivos planteados al inicio de esta investigación, es decir, se aplicó pruebas de pretest y postest para evaluar la comprensión de la unidad de caída libre con el uso de simulaciones PhET en los grupos experimental y de control. Se valoró el impacto de la metodología al comparar los resultados de ambos grupos con un análisis estadístico, y se evidenció una mejora en las calificaciones del grupo experimental.
2. La prueba de Shapiro-Wilk mostró que las calificaciones no siguieron una distribución normal en ninguno de los grupos, lo que justificó el uso de pruebas no paramétricas. Los diagramas de caja y los cuartiles evidenciaron que la dispersión de las notas se redujo en el grupo experimental tras la intervención, reflejando un aprendizaje más homogéneo y consistente.
3. El análisis de los datos, evidencian que el grupo experimental que utilizó simulaciones PhET obtuvo mejoras en su rendimiento académico respecto al grupo de control, tanto en la comparación de pretest vs postest como en la comparación directa con el grupo de control. Esto se confirma mediante las pruebas no paramétricas aplicadas Mann-Whitney U y Wilcoxon signed-rank y la interpretación de los valores p, los cuales indicaron que se rechazó la hipótesis nula en todos los casos.
4. Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis alterna H1: el uso de simulaciones interactivas PhET mejora significativamente el rendimiento académico y la comprensión de la unidad de caída libre, en comparación con los métodos tradicionales. Esto se confirma con la ganancia normalizada de Hake, que alcanzó un promedio de 0.73 en el grupo experimental frente a 0.39 en el de control. Según los rangos de interpretación del tamaño del efecto (g), un valor superior a 0.70 se considera alto, lo que confirma que la intervención produjo un impacto muy efectivo en el aprendizaje de los estudiantes del grupo experimental.

5. La encuesta de satisfacción mostró que la mayoría de los estudiantes del grupo experimental percibieron de forma positiva el uso de las simulaciones PhET, con porcentajes de acuerdo o muy de acuerdo por ítem entre 52.0 % y 69.0 %. Estos valores se consideran confiables gracias a la alta consistencia interna del cuestionario con un alfa de Cronbach igual a 0.96, lo que respalda la validez de los datos y confirma que los estudiantes valoraron la herramienta como un complemento efectivo para el aprendizaje de la física.
6. A manera de conclusión final, en este trabajo se ha demostrado, con base en los distintos análisis estadísticos aplicados, que el uso de simulaciones interactivas PhET en el grupo experimental mejoró significativamente el rendimiento académico de los estudiantes, mostrando un desempeño superior al grupo de control y confirmando que esta herramienta favorece el aprendizaje de la unidad de caída libre.

5.2. Recomendaciones

1. Abordar cada ejercicio con una actitud analítica y reflexiva, evitando que los problemas sean simplemente mecánicos o repetitivos, promoviendo el desarrollo del pensamiento crítico, alentándolos a cuestionar, comprender y conectar los conceptos en lugar de limitarse a aplicar fórmulas de manera automática. Además, un análisis consciente de los ejercicios contribuye a fortalecer habilidades como la resolución de problemas, el razonamiento lógico y la capacidad para identificar patrones, lo que resulta esencial para el aprendizaje continuo dentro de la disciplina.
2. Incorporar, en la medida de lo posible, simuladores de fácil acceso y gratuitos que permitan al estudiante participar activamente en su proceso de aprendizaje, asegurando su uso tanto en el hogar como en la institución educativa, sin sustituir la supervisión y orientación constante del docente.
3. Utilizar simulaciones PhET en otros tópicos de la física, asegurando que sean revisadas y adaptadas de forma continua según la retroalimentación obtenida en

cada intervención, garantizando así su efectividad en la enseñanza y el aprendizaje.

4. Para futuras intervenciones se recomienda incluir un análisis llamado el tamaño del efecto, como la d de Cohen y la g de Hedges, ya que estos permiten cuantificar la magnitud del cambio en el aprendizaje y poder tener una mejor visión acerca del impacto de la metodología.
5. Las simulaciones interactivas como PhET, demostraron mejorar el rendimiento académico en el grupo experimental, por ello se sugiere promover su uso para reforzar el aprendizaje de los estudiantes en unidades más avanzadas de la física.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba Niño, D. A. (2023). *Repositorio Institucional de la Universidad de Cartagena*. Retrieved 19 de ago. de 2025, from <https://repositorio.unicartagena.edu.co/server/api/core/bitstreams/af854b25-aa79-45ae-aa60-bd3ca6b2e58f/content>
- Allum , J., y Morris, P. (2023). *Physics for the IB Diploma (3rd ed.)* (20230307th ed.). London: Hodder Education. Retrieved 2 de sep. de 2025.
- Almadrones, R., y Tadifa, F. (1 de jul. de 2024). Simulaciones de Tecnología Educativa de Física (PHET) en la enseñanza de la Física General 1. *Revista Internacional de Instrucción*, 17(3), 635–650. <https://doi.org/https://doi.org/10.29333/iji.2024.17335a>
- Álvarez García, J. L., y Marquina, J. E. (abr. de 1992). Los experimentos de Galileo. *Ciencias*(26), 15-26. Retrieved 1 de sep. de 2025, from <https://www.revistacienciasunam.com/images/stories/Articles/26/CNS02604.pdf>
- Álvarez, Y. S., Botiva, M. A., Rojas, E., y Sandoval, M. (20 de oct. de 2023). *Estrategia Pedagógica Basada en la Implementación y uso de Simulador PhET, para el Fortalecimiento en la Comprensión del Movimiento Parabólico, Componente de la Mecánica Clásica de Física grado 10 de la IED Col. Ofelia Uribe de Acosta de la Ciudad de Bogota*. Retrieved mar. de 31 de 2025, from <https://repositorio.unicartagena.edu.co/server/api/core/bitstreams/a7c99b8c-ba54-4333-adb1-e110b3ab77d8/content>
- Anggoro, S., Widodo, A., y Badarudin, B. (31 de oct. de 2022). Elementary Student Conceptual Change About Free Fall Using Reflective Conceptual Change Model. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(4), 2102-2109. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i4.1998>
- Bazantes Del Salto, S. S. (sept. de 2021). *Uso de la realidad aumentada en la enseñanza - aprendizaje del movimiento rectilineo uniforme en bachillerato*. (P. Ambato, Ed.) Retrieved 19 de ag. de 2025, from <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fcf3f26f-c8bf-4db2-aff7-a8c7bc1b20cb/content>
- Becerra Rodríguez, D. F., Vargas Sánchez, A. D., Boude Figueredo, O. R., y Benítez Mendivelso, M. (17 de dic. de 2020). Estrategias que apoyan el aprendizaje de la caída libre de los. *Revista espacios*, 41(48), 148-160. <https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n48p11>
- Boulder, U. o. (2025). *Simulaciones interactivas para ciencias y matemáticas*. Retrieved 29 de mar. de 2025, from <https://phet.colorado.edu/es/>.
- Castañeda Salazar, J. A., Carmona Ramírez, L. H., y Mesa, F. (01 de mar. de 2018). Determinación de la Ganancia en el Aprendizaje de La Cinemática Lineal Mediante el uso de Métodos Gráficos con Estudiantes de Ingeniería en la Universidad de Caldas. *Scientia et Technica*, 23(1), 99-103. Retrieved 30 de mar. de 2025, from <https://www.redalyc.org/journal/849/84956661014/84956661014.pdf>
- Da Hora, H. R., Rego Monteiro, G. T., y Arica, J. (jun. de 2010). Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um Estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach. *Produto & Produção*, 11(2), 85-103. Retrieved 30 de mar. de 2025, from <https://seer.ufrgs.br/index.php/produtoproducao/article/view/9321/8252>
- Diab, H., Daher, W., Rayan, B., Issa, N., y Rayan, A. (20 de nov. de 2024). Transformando la educación científica en escuelas primarias: El poder de las simulaciones PhET para mejorar el aprendizaje estudiantil. *Tecnologías multimodales e interacción*, 8(11), 105. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/mti8110105>

- Dognia, R., y Dah, M. (30 de jun. de 2023). Physics students' conceptual understanding of "gravity and free fall". *Revista Euroasiática de Ciencia y Educación Ambiental*, 3(2), 61-65. <https://doi.org/https://doi.org/10.30935/ejsee/13444>
- Eleo, M., y Manguilimotan, Y. (8 de marz. de 2024). Physics education technology (phet) interactive simulations as teaching aid in enhancing students' performance in physics. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*, 10(3), 60-64. <https://doi.org/https://doi.org/10.36713/epra15991>
- Escobar García, M. C., Cedeño Zambrano, A. M., Fernández Lucas, P. M., Salazar Salazar, P. R., y Loo Escobar, G. E. (mar. de 2023). Bachillerato internacional y rendimiento académico universitario: caso Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. *Revista Cognosis*, VI(1), 119-134. Retrieved 4 de sep. de 2025, from <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Cognosis/article/view/2391/3280>
- Fayanto, S., Degeng, I. S., Patmanthara, S., y Ulfa, S. (29 de dic. de 2024). Proceso instruccional de integración del aprendizaje basado en el diseño en el pensamiento computacional: Un marco para la enseñanza eficaz en el diseño de experimentos de física. *Science Education International*, 35(4), 394-407. <https://doi.org/https://doi.org/10.33828/sei.v35.i4.10>
- Ferreira, A., Lemmer, M., y Gunstone, R. (31 de may. de 2019). Concepciones alternativas: Convertir la adversidad en ventaja. *Research in Science Education*, 49(3), 657-678. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/S11165-017-9638-Y>
- Flores Tapia, C. E., y Flores Cevallos, K. L. (dic. de 2021). PRUEBAS PARA COMPROBAR LA NORMALIDAD DE DATOS EN PROCESOS PRODUCTIVOS: ANDERSON-DARLING, RYAN-JOINER, SHAPIRO-WILK Y KOLMOGÓROV-SMIRNOV. *Societas*, 23(2), 83-106. Retrieved 15 de sep. de 2025, from <https://revistas.up.ac.pa/index.php/societas/article/view/2302/2137>
- Fratiwi, N. J., Samsudin, A., Ramalis, T. R., y Costu, B. (31 de may. de 2020). Changing Students' Conceptions of Newton's Second Law through Express-Refute-Investigate-Clarify (ERIC) Text. *Universal Journal of Educational Research*, 8(6), 2701 - 2709. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080655>
- Gomez Puente, S. M., y Kroesen, G. (29 de dic. de 2020). Facilitación de la retención y transferencia de conceptos de física con tareas desafiantes en proyectos de aprendizaje basado en el diseño. *Open Journal of*, 8(12), 366-387. <https://doi.org/https://doi.org/10.4236/jss.2020.812030>
- Guaila Lojano, J. F. (16 de feb. de 2023). El simulador PhET en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la segunda. *Repositorio Digital de la UNACH*. (U. N. Chimborazo, Ed.) Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Riobamba. <https://doi.org/UNACH-EC-FCEHT-PMF>
- Hake, R. R. (1998). Métodos interactivos versus métodos tradicionales: una encuesta a seis mil estudiantes sobre datos de pruebas mecánica para cursos introductorios de física. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74. <https://doi.org/https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Herrera Castrillo, C. J. (28 de dic. de 2023). SIMULADOR PHET PARA DEMOSTRAR ECUACIÓN DE CONTINUIDAD CON ENFOQUE DIFERENCIAL E INTEGRAL INCLUYENDO VECTORES. *Rev. Chil. Educ. Cient*, 24(1), 14-35. Retrieved 30 de mar de 2025, from <https://revistas.umce.cl/index.php/RChEC/article/view/2665/2869>
- INEVAL. (2024). *Informe de la Evaluación de las necesidades de capacidad: Ecuador. Originalmente publicado por la OCDE con el título: Capacity Needs Assessment Report Ecuador*. Retrieved 29 de mar. de 2025, from https://www.oecd-ilibrary.org/content/dam/oecd/en/about/programmes/edu/pisa/publications/cna-and-cbp-reports/EQU_CNA_esp.pdf
- INEVAL. (2024). *Políticas transformadoras: hacia el nuevo Ecuador, desde la evaluación educativa*. Retrieved 29 de mar. de 2025, from

- <https://evaluaciones.evaluacion.gob.ec/BI/wp-content/uploads/2024/08/POLITICAS-TRANSFORMADORAS-hacia-el-nuevo-Ecuador-desde-la-evaluacion-educativa.pdf>
International Baccalaureate Organization. (2025). *Unidad Educativa*. Retrieved 6 de sep. de 2025, from [ibo.org](https://www.ibo.org/es/school/001110): <https://www.ibo.org/es/school/001110>
- Jiang, Z., Chandrasekaran, S., Zhao, P., Liu, J., y Wang, Y. (2020). Curso de Enseñanza para el Aprendizaje Basado en el Diseño en Tecnología de Manufactura: Programa Conjunto Sino-Australia de Pregrado. *Sustainability*, 12(9), 3522.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12093522>
- Kasliwal, P. S., Gunjan, R., y Shete, V. (28 de sep. de 2023). Student Satisfaction Index in Synchronous e-Learning a Case. En CEUR-WS.org (Ed.), *14th International Conference on e-Learning 2023*. 3696, pp. 135-146. Belgrade, Serbia: CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org). Retrieved 31 de ag. de 2025, from https://ceur-ws.org/Vol-3696/article_15.pdf
- Kirk, T. (2023). *Oxford Resources for IB DP Physics: Study Guide (4th ed.)* (Cuarta ed.). Oxford University Press. Retrieved 3 de sep. de 2025.
- Liswar, F., Hidayati, A., Rayendra, R., y Yeni, F. (31 de dic. de 2023). The Use of Phet Interactive Simulation Software in Physics Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(Special Issue 2023), 135-142. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9iSpecialIssue.5982>
- Lora Pino, J. M., y González Blanquicett, D. Y. (2022). *Evaluación de guías de laboratorio basadas en simuladores PhET para el aprendizaje de la Física en estudiantes de media académica de la Institución Educativa Jean Piaget del municipio de Chinú Córdoba*. Retrieved 31 de mar. de 2025, from <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/ucordoba/6799/1/Lorapinojuliomanuel-gonzalezblanquicettidianayohana.pdf>
- Lorandi Medina, A. P., Hermida Saba, G., Hernández Silva, J., y Ladrón de Guevara Durán, E. (2011). Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, 4(1), 24-30.
<https://doi.org/ISSN 1940-1115>
- Luzuriaga Jaramillo, H. A., Espinosa Pinos, C. A., Haro Sarango, A. F., y Ortiz Román, H. D. (oct. de 2023). Histograma y distribución normal: Shapiro-Wilk y Kolmogorov Smirnov aplicado en SPSS. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(4), 596– 607. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.56712/latam.v4i4.1242>
- Maldonado Estévez, E. A., Ramírez Leal, P., y Avendaño Castro, W. R. (dic. de 2021). Aportes de recursos TIC en la enseñanza de las ciencias. *Boletín Redipe*, 10(13), 511-521. Retrieved 13 de sep. de 2025, from <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/42382>
- McClenaghan, E. (25 de mar. de 2024). Mann-Whitney U Test: Assumptions and Example. *Technology Networks*. Retrieved 15 de sep. de 2025, from <https://www.technologynetworks.com/informatics/articles/mann-whitney-u-test-assumptions-and-example-363425>
- McClenaghan, E. (14 de may. de 2024). The Wilcoxon Signed-Rank Test. *Technology Networks*. Retrieved 15 de sept. de 2025, from <https://www.technologynetworks.com/informatics/articles/the-wilcoxon-signed-rank-test-370384>
- McKagan, S., Sayre, E., y Madsen, A. (21 de dic. de 2022). *Normalized gain: What is it and when and how should I use it?* Retrieved 13 de sep. de 2025, from PhysPort.: <https://www.physport.org/recommendations/Entry.cfm?ID=93334>
- McLeod, S. (1 de feb. de 2024). *Teoría del desarrollo cognitivo de Jerome Bruner*. Retrieved 23 de sep. de 2025, from Simply Psychology: <https://www.simplypsychology.org/bruner.html>

- Mendoza García, P. (05 de ag. de 2021). *El simulador de física Algodoos como herramienta de simulación, visualización y experimentación*. Retrieved 31 de mar. de 2025, from <https://investigacion.unirioja.es/documentos/61765e259a6e185d8748a3db/f/61765e259a6e185d8748a3da.pdf>
- Mera Menéndez, J. R., y López González, W. O. (25 de sep. de 2023). Simuladores PHET: una herramienta didáctica para el mejoramiento del rendimiento académico de estudiantes en Energía Mecánica. *MQR Investigar*, 7(4), 112-130. <https://doi.org/https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.4.2023.112-130>
- Métioui, A. (en. de 2021). Aristotle, Galileo, Newton, and Quebec Elementary Preservice Conceptual Representations about the Movement in Free Falling Objects. *Sborník konference didaktiky přírodních věd DidSci+ 2021* (pp. 85-99). Universidad Masaryk. <https://doi.org/https://doi.org/10.5817/cz.muni.p210-9876-2021-9>
- Molina Panchi, P. A., y Molina Panchi, D. F. (sep. de 2025). Pruebas estadísticas de normalidad: un análisis comparativo entre Kolmogórov-Smirnov, Shapiro-Wilk, Anderson-Darling, Ryan-Joiner Y Jarque-Bera. *CIENCIA UNEMI*, 18(49), 152 - 171. Retrieved 15 de sep. de 2025, from <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/152-171/2144>
- Montalvo Quizhpi, F. (22 de dic. de 2022). Uso de laboratorios remotos en la enseñanza de carreras de ingeniería: una revisión actual. *REVISTA CIENTÍFICA ECOCIENCIA*, 9, 24-41. <https://doi.org/https://doi.org/10.21855/ecociencia.90.752>
- Montero, G., Garcia, A., Victor, R., y Ángel, R. (mar. de 2018). Estudio de la caída libre utilizando diferentes técnicas experimentales y de simulación. *Latin American Journal of Physics Education*, 12(1), 1302-1310. Retrieved 27 de ag. de 2025, from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6556281.pdf>
- Morocho, L., Robles, K., Andrade, K., y Romero, D. (en. de 2025). *El acceso a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en estudiantes de escuelas rurales*. Retrieved 30 de mar. de 2025, from <https://www.researchgate.net/publication>
- Mundy, C., Potgieter, M., y Seery, M. (2024). A design-based research approach to improving pedagogy in the teaching laboratory. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 266-275. <https://doi.org/10.1039/D3RP00134B>
- Oo, T. Z., Kadyirov, T., Kadyjrova Habibulhakovn, L., y Józsa, K. (8 de ag. de 2024). Aprendizaje basado en diseño en la educación superior: Sus efectos sobre la motivación, la creatividad y las habilidades de diseño de los estudiantes. *Thinking Skills and Creativity*, 53, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101621>
- Organización del Bachillerato Internacional. (2014). *Estudio sobre el Programa del Diploma del Bachillerato Internacional en China: impacto en la preparación de los alumnos para estudiar en universidades extranjeras*. Resumen de investigación. Retrieved 4 de sep. de 2025, from <https://ibo.org/globalassets/new-structure/programmes/dp/pdfs/chinasummary-es.pdf>
- Paez, Y. R., y Rivas, H. V. (2023). *FORTALECIMIENTO EN LA COMPRESIÓN DE LA LEY DE OHM Y SUS CONCEPTOS, A TRAVÉS DE UNA CALCULADORA DIGITAL “CALCU MAESTRO LEY DE OHM” Y DEL APRENDIZAJE BASADO EN DISEÑO PARA LOS ESTUDIANTES DE GRADO DÉCIMO DEL COLEGIO RURAL QUIBA ALTA BOGOTÁ*. Retrieved 31 de mar. de 2025, from <https://repositorio.unicartagena.edu.co/server/api/core/bitstreams/02da8b0b-cb49-4594-9bab-a57e5776fa38/content>
- Pedrosa, I., Juarros-Basterretxea, J., Robles-Fernández, A., Basteiro, J., y García-Cueto, E. (mar. de 2015). Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar? *Universitas psychologica*, 14(1), 245-254. <https://doi.org/https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy13-5.pbad>

- Perilla Perilla, M. L. (18 de jul. de 2005). EL FENÓMENO DE LA CAÍDA LIBRE EN GALILEO. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*(18), 97-106. Retrieved 9 de sep. de 2025, from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=614265315008>
- Perkins, K. K. (03 de ag. de 2020). Transformando el aprendizaje STEM a escala: Simulaciones interactivas PhET. *Educación Infantil*, 96(4), 42-49. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00094056.2020.1796451>
- Pranata, O. D., Seprianto, S., Adelia, I., y Darwata, S. R. (31 de may. de 2024). Socialización de la integración de tecnología en el aprendizaje de ciencias usando tecnología de educación Física (PhET). *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 11(2), 107-114. <https://doi.org/https://doi.org/10.32699/ppkm.v11i2.6707>
- Quijano Rojas, J. C., y Cárdenas, Y. P. (2016). Estrategia didáctica mediada por TIC en la enseñanza del concepto de caída libre una propuesta desde los niveles de abertura en el laboratorio de Física. En R. Roig Vila, *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje* (pp. 1103–1112). Octaedro. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6037254>
- Quiroz Limas, C. S. (5 de jun. de 2015). *LA FÍSICA APLICADA EN LA CAÍDA LIBRE Y SU DEMOSTRACIÓN*. Proyectos Institucionales y de Investigación.: <http://eprints.uanl.mx/9867/1/La%20fisica%20aplicada%20en%20la%20caida%20libre.pdf>
- Rayan, B., Daher, W., Diab, H., y Issa, N. (31 de ag. de 2023). Integración de simulaciones PhET en la educación científica elemental: un análisis cualitativo. (M. S. Khine, Ed.) *Ciencias de la educación*, 13(9), 884. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/educsci13090884>
- Roas Morales, M. E. (2004). La creatividad desde la perspectiva de la enseñanza del diseño industrial en la Universidad Iberoamericana. Retrieved 23 de sep. de 2025, from <http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/014374/014374.pdf>
- Roncancio Herrera, M. Á., y Salazar Peña, D. Y. (2025). *Secuencia Didáctica para la comprensión de Calor y Temperatura en dos grupos de décimo grado*. (U. D. Caldas, Ed.) Retrieved 13 de sep. de 2025, from Repositorio Institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas: <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/b0cc9966-4076-426d-bd82-9c4c69e78d94/content>
- Sakona, A., Usman, U., Palloan, P., y Setiawan, T. (29 de nov. de 2023). The effectiveness of utilizing phet in increasing the comprehension of physics concepts. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 8(1), 156-167. <https://doi.org/https://doi.org/10.20527/jipf.v8i1.10878>
- Sarango Macas, D. S. (23 de mar. de 2023). El simulador PhET para el aprendizaje de electricidad y. *Universidad Nacional de Loja*. Loja, Loja, Ecuador. Retrieved 30 de ag. de 2025, from <https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/55ca8942-6b3b-4587-99d8-e8ee8a696064/content>
- Silva Coutinho, G., y Morán-Mirabal, L. (24 de oct. de 2022). *Los laboratorios virtuales y su contribución al futuro de la educación*. (E. b. Observatorio, Editor, y Observatorio del Instituto para el Futuro de la Educación del Tec de Monterrey.) Retrieved 30 de mar. de 2025, from <https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/laboratorios-virtuales-y-su-contribucion-al-futuro-de-la-educacion/>
- Soler Cárdenas, S. F., y Soler Pons, L. (04 de en. de 2012). Usos del coeficiente alfa de Cronbach en el análisis de instrumentos escritos. *Rev. Med. Electrón.*, 34(1), 1-6. Retrieved 30 de mar. de 2025, from <http://scielo.sld.cu/pdf/rme/v34n1/spu01112.pdf>
- Suárez Rodríguez, C., y Batistapau, M. (dic. de 2024). *Impacto social y permanencia en la Educación Superior: Estrategias desde el profesorado*. (C. Suárez Rodríguez, S. L. González Hernández, y M. Patiño, Edits.) Fundación Red Iberoamericana de Ciencia,

- Naturaleza y Turismo (RECINATUR); Universidad Autónoma de San Luis Potosí; Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (CUJAE). Retrieved 31 de ag. de 2025, from https://www.recinatur.org/sitepad-data/uploads/2024/12/Libro_Impacto_social_y_permanencia_en_la_Educaci%C3%B3n_Superior_Estrategias_desde_el_profesorado_31_dic1-Copy.pdf
- Tsokos, K. A. (2023). *Physics for the IB Diploma Coursebook (7th ed.)*. Cambridge University Press. Retrieved 3 de sep. de 2025.
- Tünnermann Bernheim, C. (2011). El constructivismo y el aprendizaje de los estudiantes. *Redalyc*(48), 21-32. Retrieved 23 de sep. de 2025, from <https://www.redalyc.org/pdf/373/37319199005.pdf>
- Yanchapaxi-Molina, C. E., y Mérida-Córdova, E. J. (18 de dic. de 2024). Uso del PHET Simulations y Analítica del Aprendizaje en el mejoramiento del proceso de enseñanza - aprendizaje en la asignatura Física. *MQRInvestigar*, 8(4), 6913-6941. <https://doi.org/https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.6913-6941>
- Young, H., y Freedman, R. (2009). *Sears y Zemansky. Física Universitaria. Volumen 1* (Vol. 1). Estado de México, México: Pearson Educación. Retrieved 23 de sep. de 2025.
- Zhang, F., Markopoulos, P., y Bekker, T. (6 de may. de 2020). Las emociones de los niños en el aprendizaje basado en el diseño: una revisión sistemática. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 459–481. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10956-020-09830-y>

APÉNDICES Y ANEXOS

Anexo A. Prueba pretest y post test del grupo de control y experimental

UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR

CAÍDA LIBRE

PERIODO LECTIVO 2025 – 2026

Materia: Física

Docente: Ing. Bryan Basantes

Nombre del estudiante:	Grado / Curso: 2do Bach	Paralelo: A-B-C-D	Fecha: __/__/____
Instrucciones: a) Los borradores, tachones, uso del corrector o cualquier tipo de enmendadura anulan su respuesta. b) Prohibido prestar materiales durante la evaluación. c) Sí se permite el uso de calculadora (estimar y aproximar según métodos aprendidos). d) Ante cualquier muestra de deshonestidad académica, se aplicará el Art. 223.			Calificación /10

Seleccione el literal que corresponde solo a la respuesta correcta. (Calificación: 1 puntos c/u)

Pregunta 1:

Se lanza una pelota verticalmente hacia arriba con una velocidad de 5.00 ms^{-1} . ¿Después de cuántos segundos volverá la pelota a su posición inicial?

- A. 0.50 s
- B. 1.00 s
- C. 1.50 s
- D. 2.00 s

Pregunta 2:

Se libera un objeto desde el reposo en el campo gravitacional terrestre. La resistencia del aire es insignificante. ¿Qué distancia recorre el objeto durante el cuarto de segundo de su movimiento?

- A. 15.0 m
- B. 25.0 m
- C. 35.0 m
- D. 45.0 m

Pregunta 3:

Un globo se eleva a una velocidad vertical constante de 10.0 ms^{-1} . Se deja caer un objeto desde el globo a una altura de 40.0 m por encima del suelo. La resistencia del aire es insignificante. ¿Cuánto tiempo tarda el objeto en impactar contra el suelo?

- A. 10.0 s
- B. 5.00 s
- C. 4.00 s
- D. 2.00 s

Pregunta 4:

Un objeto se suelta desde un globo aerostático estacionario a una altura h sobre el suelo. Un objeto idéntico se lanza a una altura h sobre el suelo desde otro globo que se eleva con rapidez constante. La resistencia del aire es insignificante. ¿Qué no aumenta para el objeto liberado del globo en ascenso?

- A. La distancia a través de la cual cae.
- B. El tiempo que tarda en llegar al suelo.
- C. La velocidad con la que llega al suelo.
- D. Su gravedad.

Pregunta 5:

Se deja caer una piedra grande desde un edificio alto. ¿Cuál es la velocidad de la piedra después de 1.00 s ?

- A. Está disminuyendo a un ritmo creciente.
- B. Está disminuyendo a un ritmo decreciente.
- C. Está aumentando a un ritmo creciente.
- D. Está aumentando a un ritmo decreciente.

Pregunta 6:

Se lanza una pelota verticalmente hacia abajo con una velocidad inicial de 4.00 m s^{-1} . La pelota impacta el suelo con una velocidad de 16.0 m s^{-1} . La resistencia del aire es despreciable. ¿Cuánto tiempo tarda en llegar al suelo?

	Tiempo de caída (s)
A.	1.00
B.	1.20
C.	1.30
D.	1.60

Pregunta 7:

Con el tiempo calculado en la pregunta 6, ¿cuál es la distancia total que recorre la pelota hasta el suelo?

	Distancia (m)
A.	10.0
B.	12.0
C.	14.0
D.	16.0

Pregunta 8:

Las bolas X e Y están a la misma altura. X se proyecta horizontalmente al mismo tiempo que se deja caer Y. Y tiene el mismo tamaño que X pero tiene la mitad de su masa.



_____ ground

Ignorando la resistencia del aire, ¿qué afirmación es verdadera ?

- A. Y llegará al suelo antes que X.
- B. Y llegará al suelo después de X.
- C. Y llegará al suelo al mismo tiempo que X.
- D. El resultado sólo puede determinarse si se conoce la velocidad inicial de X.

Anexo B. Secuencia didáctica para el grupo de control

UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR

CAÍDA LIBRE

PERIODO LECTIVO 2025 – 2026

Materia: Física

Docente: Ing. Bryan Basantes

Resolver los siguientes ejercicios de acuerdo a lo que solicita en cada una de ellas.

Ejercicio 1: Movimiento vertical con velocidad inicial

Planteamiento:

Un objeto es colocado en un cañón y lanzado verticalmente hacia arriba con una rapidez inicial de 18.0 m/s desde el nivel del suelo. Despreciando la resistencia del aire y considerando la aceleración de la gravedad de 9.81 m/s², determine:

- a) El tiempo que tarda en subir
- b) La altura máxima que alcanza
- c) El tiempo total de vuelo.

Ejercicio 2: Análisis de vectores: velocidad y aceleración.

Se parte de la base del problema anterior es decir ejercicio 1, para continuar con la explicación.

Planteamiento:

Un cañón dispara una bala verticalmente hacia arriba con rapidez inicial 18.0 m/s desde el nivel del suelo. Se pide analizar cómo varían la magnitud y dirección de los vectores velocidad y aceleración durante:

- a) El ascenso
- b) En la altura máxima
- c) En el descenso.
- d) Interprete porque la aceleración mantiene su signo negativo.
- e) Que sucede si consideramos la resistencia del aire.

Ejercicio 3: Caída libre desde altura (rapidez inicial = 0.00 m/s)

Planteamiento:

Se deja caer un objeto desde la parte superior de un acantilado de 10.0 m de altura (rapidez inicial nula). Ignorando la resistencia del aire, determine:

- a) El tiempo que tarda en llegar al suelo
- b) La velocidad con que impacta.

Ejercicio 4: Lanzamiento vertical hacia arriba desde una altura ($u > 0$; $\Delta y \neq 0$)

Planteamiento:

Un objeto es lanzado verticalmente hacia arriba con rapidez inicial $u = 18.0 \text{ m/s}$ desde una altura inicial $y_0 = 10.0 \text{ m}$. Ignorando inicialmente la resistencia del aire, determine:

- a) El tiempo de subida desde el lanzamiento
- b) La altura máxima respecto al suelo
- c) El tiempo de caída desde la altura máxima hasta el suelo
- d) El tiempo total de vuelo.
- e) Describa que sucede con la magnitud de los vectores velocidad y aceleración durante todo su recorrido.

Ejercicio 5: Influencia de la masa despreciando la resistencia del aire.

Planteamiento:

Desde una altura de 15.0 m se deja caer un conjunto de objetos con distinto valor de masa (2.00 kg, 4.00 kg, 6.00 kg, 8.00 kg, 10.0 kg) manteniendo el mismo diámetro (0.10 m). Compare los tiempos de caída e indique si la masa influye en el tiempo de caída cuando la resistencia del aire es despreciable.

Anexo C. Secuencia didáctica para el grupo experimental
UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR
CAÍDA LIBRE
PERIODO LECTIVO 2025 – 2026

Materia: Física

Docente: Ing. Bryan Basantes

Resolver los siguientes ejercicios de acuerdo a lo que solicita en cada una de ellas y luego corroborar los resultados con el uso del simulador PhET.

Introducción al simulador PhET en caída libre.

1.- Ingresar al siguiente link: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/projectile-motion> el cual le aparecerá la siguiente Figura.



Figura 1. Página principal del movimiento de un proyectil de la herramienta PhET.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder

De acuerdo a la Figura 1. dar click donde está el botón de en medio y le aparecerá la siguiente imagen:



Figura 2. Movimiento de un proyectil.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

En la Figura 2. podemos ver cuatro opciones, tales como introducción, vectores, arrastre y laboratorio, el cual va a seleccionar donde dice vectores.

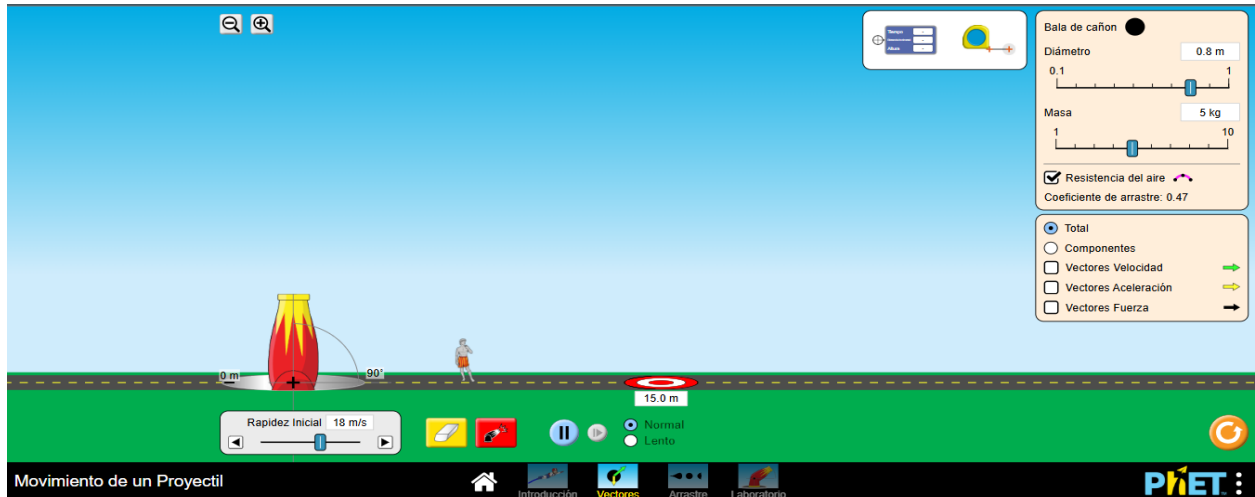


Figura 3. Estructura del apartado de vectores.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

De acuerdo a la Figura 3. podemos evidenciar que tenemos varias secciones y detalles que se pueden observar a simple vista. Para ello es necesario que se familiarice con cada una de ellas.

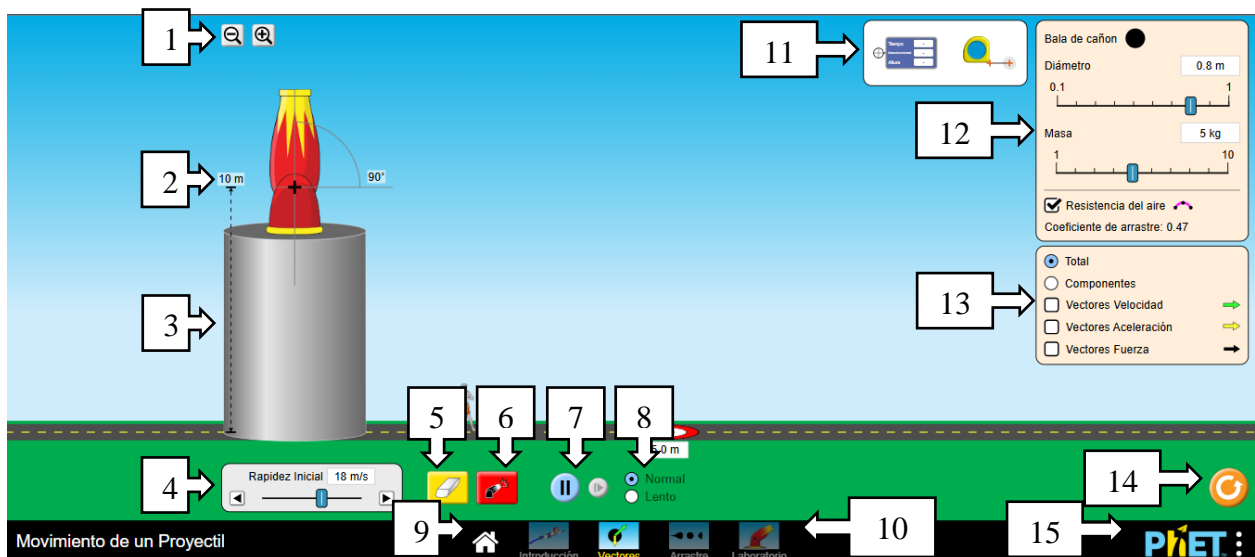


Figura 4. Descripción de los elementos de movimiento de un proyectil.

Fuente: PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder.

De acuerdo a la Figura 4. encontrará una breve descripción de los apartados numerados en el simulador PhET:

1. Tenemos las herramientas de zoom, el cual permiten acercar o alejar la vista del escenario de la simulación.
2. La altura inicial del cañón que indica la posición desde la cual se lanza el proyectil y permite variar el ángulo que va entre valores de 90.0° a -90.0° .
3. Superficie de apoyo que representa la altura donde se realiza el lanzamiento, este puede variar desde un mínimo de cero hasta un máximo de 15.0 metros.
4. Permite ajustar la rapidez inicial con el que será lanzado el proyectil, este puede variar desde un mínimo de cero hasta un máximo de 30.0 metros por segundos.
5. Botón de reinicio el cuál se encuentra un borrar de color amarillo permite borrar la trayectoria anterior para realizar un nuevo lanzamiento.
6. Botón de lanzamiento el cuál se encuentra un cañón de color rojo y permite iniciar la simulación del disparo del proyectil.
7. Los controles de simulación pausa/reproducción y avance por tramo permiten detener o reanudan, así como avanzar por tramos dicha trayectoria.
8. Estos controles de simulación normal/lento permiten que el movimiento avance de forma normal o lento en cualquier instante para observar detalles del movimiento.
9. Permite retornar a la página principal tal como se muestra en la Figura 3.7.
10. El menú de navegación es el acceso a las secciones principales del simulador (Introducción, Vectores, Arrastre y Laboratorio).
11. Tenemos los sensores de datos (tablero blanco con azul) que muestra los datos reales de las magnitudes físicas como tiempo, distancia horizontal y altura, así como un medidor que se puede mover en todas las direcciones.
12. Tenemos un cuadro en donde podemos ajustar el diámetro y la masa de la bala de cañón, así como habilitar la opción de la resistencia del aire con un coeficiente de arrastre de 0.47.
13. En este recuadro tenemos las opciones de los vectores, el cual permite visualizar los vectores de velocidad, aceleración y fuerza, así como sus componentes.
14. Es el botón de reinicio total el cual permite restablecer la simulación a los valores predeterminados.
15. Es el logo de PhET y de opciones en donde se encuentra el acceso a información del simulador y configuraciones adicionales.

Con base en la información y la descripción general de cada apartado numerado en el simulador de la Figura 4. deberás iniciar el desarrollo de la secuencia didáctica destinada al grupo experimental, para ellos deberás tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Revisa los apartados numerados en el simulador, ya que te orientarán en cada paso del ejercicio.
2. Realiza las configuraciones solicitadas en cada problema, siguiendo de manera ordenada las indicaciones.
3. Consulta nuevamente la descripción de los apartados cuando sea necesario, con el fin de asegurarte de que estás utilizando correctamente las herramientas del simulador.

De esta manera, podrás avanzar de forma guiada y precisa durante la ejecución de la simulación.

Ejercicio 1: Movimiento vertical con velocidad inicial

Planteamiento:

Un objeto es colocado en un cañón y lanzado verticalmente hacia arriba con una rapidez inicial de 18.0 m/s desde el nivel del suelo. Despreciando la resistencia del aire y considerando la aceleración de la gravedad de 9.81 m/s², determine:

- a) El tiempo que tarda en subir
- b) La altura máxima que alcanza
- c) El tiempo total de vuelo.

Pasos a seguir en PhET:

1. Ingresar al siguiente link:
https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_all.html?locale=es
2. Configurar los datos de la Tabla 1. en el simulador.

Tabla 1. Parámetros y descripción.

Parámetros	Descripción
Tipo de lanzamiento	Vertical hacia arriba 90.0°
Rapidez inicial	18.0 m/s
Altura inicial	0.00 m
Resistencia del aire	Desactivada

3. Con los datos ingresados realice una captura de pantalla como evidencia de su ingreso.
4. Ejecutar la simulación y observar la trayectoria del objeto.
5. Utilizar el tablero blanco y azul que mide, tiempo, distancia horizontal y altura:
 - Arrástralo hasta la parte superior de la trayectoria para identificar el tiempo de subida y la altura máxima.
 - Luego colócalo en la parte inferior de la trayectoria para registrar el tiempo total de vuelo.
6. Registra los valores obtenidos en la Tabla 2. de resultados y compáralos con los valores teóricos previamente calculados.

Tabla 2. Resultados del Ejercicio 1.

Literal	Resultados Teóricos	Resultados en PhET
a) Tiempo de subida		
b) Altura máxima		
c) Tiempo total de vuelo		

Ejercicio 2: Análisis de vectores: velocidad y aceleración.

Se parte de la base del problema anterior es decir ejercicio 1, para continuar con la explicación.

Planteamiento:

Un cañón dispara una bala verticalmente hacia arriba con rapidez inicial 18.0 m/s desde el nivel del suelo. Se pide analizar cómo varían la magnitud y dirección de los vectores velocidad y aceleración durante:

- a) El ascenso
- b) En la altura máxima
- c) En el descenso.
- d) Interprete porque la aceleración mantiene su signo negativo.

Pasos a seguir en PhET:

1. Continuar en el simulador PhET configurado en el Ejercicio 1 (no es necesario volver a ingresar los parámetros).
2. Para esta parte debe de tener desactivado la opción de la resistencia del aire.
3. Activar solo la opción de vectores velocidad en el simulador.

4. Ejecutar la simulación y observar el vector de velocidad durante el ascenso, la altura máxima y el descenso.
5. Con las condiciones ingresados realice una captura de pantalla como evidencia en el cual se pueda observar el vector velocidad durante todo su recorrido.
6. Desactivar la opción del vector velocidad y habilita la opción del vector aceleración.
7. Ejecutar la simulación y observar el vector de aceleración durante el ascenso, la altura máxima y el descenso.
8. Con las condiciones ingresados realice una captura de pantalla como evidencia en el cual se pueda observar el vector aceleración durante todo su recorrido.
9. Registrar tus observaciones en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados del Ejercicio 2.

Situación	Dirección del vector velocidad	Dirección del vector aceleración
a) Ascenso		
b) Altura máxima		
c) Descenso		

Ejercicio 3: Caída libre desde altura (rapidez inicial = 0.00 m/s)

Planteamiento:

Se deja caer un objeto desde la parte superior de un acantilado de 10.0 m de altura (rapidez inicial nula). Ignorando la resistencia del aire, determine:

- a) El tiempo que tarda en llegar al suelo
- b) La velocidad con que impacta.

Pasos a seguir en PhET:

1. Configurar los datos de la Tabla 4. en el simulador.

Tabla 4. Parámetros y descripción.

Parámetros	Descripción
Tipo de lanzamiento	Vertical hacia abajo -90.0°
Rapidez inicial	0.00 m/s
Altura inicial	10.0 m
Resistencia del aire	Desactivada

2. Con los datos ingresados realice una captura de pantalla como evidencia de su ingreso.

3. Ejecutar la simulación y observar la trayectoria.
4. Usa el tablero de medidas para registrar el tiempo de caída.
5. Para el cálculo de la velocidad es necesario mostrar el proceso de forma teórica.
6. Anota los resultados en la Tabla 5. y compáralos con los cálculos teóricos.

Tabla 5. Resultados del Ejercicio 3.

Literal	Resultados Teóricos	Resultados en PhET
a) Tiempo de caída		
b) Velocidad de impacto		
c) Tiempo total de vuelo		

Ejercicio 4: Lanzamiento vertical hacia arriba desde una altura ($u > 0.00$; $\Delta y \neq 0.00$)

Planteamiento:

Un objeto es lanzado verticalmente hacia arriba con rapidez inicial $u = 18.0 \text{ m/s}$ desde una altura inicial $y_0 = 10.0 \text{ m}$. Ignorando inicialmente la resistencia del aire, determine:

- a) El tiempo de subida desde el lanzamiento
- b) La altura máxima respecto al suelo
- c) El tiempo de caída desde la altura máxima hasta el suelo
- d) El tiempo total de vuelo.
- e) Describa que sucede con la magnitud de los vectores velocidad y aceleración durante todo su recorrido.

Pasos a seguir en PhET:

1. Configurar los datos de la Tabla 6. en el simulador.

Tabla 6. Parámetros y descripción.

Parámetros	Descripción
Tipo de lanzamiento	Vertical hacia arriba 90.0°
Rapidez inicial	18.0 m/s
Altura inicial	10.0 m
Resistencia del aire	Desactivada

2. Con los datos ingresados realice una captura de pantalla como evidencia de su ingreso.
3. Ejecutar la simulación y observar la trayectoria del objeto.
4. Utilizar el tablero de medidas que mide, tiempo, distancia horizontal y altura:

- Arrástralo hasta la parte superior de la trayectoria para identificar el tiempo de subida y la altura máxima.
 - Luego colócalo en la parte inferior de la trayectoria para registrar el tiempo total de vuelo.
5. Para obtener el valor del tiempo de caída con respecto a la altura máxima es necesario realizar los cálculos pertinentes conociendo los datos previos del simulador.
 6. Registrar los valores obtenidos en la Tabla 2. de resultados y compáralos con los valores teóricos previamente calculados.

Tabla 7. Resultados del Ejercicio 4.

Literal	Resultados Teóricos	Resultados en PhET
a) Tiempo de subida		
b) Altura máxima		
c) Tiempo de caída		
Tiempo total de vuelo		
Análisis vectorial		

Ejercicio 5: Influencia de la masa despreciando la resistencia del aire.

Planteamiento:

Desde una altura de 15.0 m se deja caer un conjunto de objetos con distinto valor de masa (2.00 kg, 4.00 kg, 6.00 kg, 8.00 kg, 10.00 kg) manteniendo el mismo diámetro (0.10 m). Compare los tiempos de caída e indique si la masa influye en el tiempo de caída cuando la resistencia del aire es despreciable.

Pasos a seguir en PhET:

1. Configurar los datos de la Tabla 8. en el simulador.

Tabla 8. Parámetros y descripción.

Parámetros	Descripción
Tipo de lanzamiento	Vertical hacia abajo -90.0°
Rapidez inicial	0.00 m/s
Altura inicial	15.0 m
Diámetro constante	0.10 m
Masa	varía (2.00, 4.00, 6.00, 8.00, 10.0 kg).
Resistencia del aire	Desactivada

2. Ejecute la simulación desactivando la casilla de la resistencia del aire luego registra los tiempos de caída y completa la Tabla 9.

Tabla 9. Resultados del Ejercicio 5 despreciando la resistencia del aire.

Masa (kg)	Tiempo sin aire (s)	Observación
2.00		
4.00		
6.00		
8.00		
10.0		

Anexo D. Código en Rstudio para los análisis estadísticos.

#Se declaran los vectores de las calificaciones en el orden que se obtuvieron por cada estudiante.

Grupo de control

```
pre_control <- c(3.75,3.75,2.75,3.75,3.75,3.75,1.25,5,3.75,2.5,3.75,3.75,
  1.25,5,3.75,2.5,3.75,2.5,2.5,5,3.75,7.5,5,1.25,2.5,2.5,
  3.75,1.25,2.5,5,5,3.75,2.5,6.25,5,0,2.5,3.75,2.5,3.75,
  5,5,3.75,2.5,6.25,3.75,5,2.5)
```

```
post_control <- c(3.75,2.5,5,3.75,6.25,6.25,3.75,6.25,5,5,5,3.75,3.75,6.25,
  5,6.25,10,5,6.25,5,5,7.5,2.5,5,6.25,10,2.5,6.25,5,10,
  8.75,10,6.25,6.25,6.25,2.5,7.5,10,5,6.25,10,10,6.25,
  3.75,8.75,6.25,8.75,6.25)
```

Grupo experimental

```
pre_exp <- c(0,0,0,2.5,5,3.75,3.75,2.5,5,5,3.75,3.75,3.75,2.5,2.5,3.75,
  1.25,3.75,5,3.75,3.75,5,3.75,8.75,3.75,3.75,6.25,5,3.75,2.5,
  5,3.75,5,5,2.5,5,5,6.25,8.75,7.5,6.25,3.75,3.75,3.75,6.25,
  8.75,3.75,5)
```

```
post_exp <- c(8.75,7.5,7.5,7.5,8.75,7.5,6.25,7.5,10,10,8.75,8.75,8.75,
  8.75,6.25,8.75,7.5,8.75,7.5,7.5,7.5,8.75,10,10,7.5,3.75,
  10,10,10,8.75,8.75,7.5,7.5,8.75,8.75,5,8.75,10,10,10,8.75,
  7.25,7.5,10,8.75,10,7.5,7.5)
```

Función para análisis descriptivo

```
descriptive_stats <- function(x){
  cat("Media:", mean(x), "\n")
  cat("Mediana:", median(x), "\n")
  #cat("Moda:", mfv(x), "\n")
  uniqv <- unique(x)
  cat("Moda:", uniqv[which.max(tabulate(match(x, uniqv)))] , "\n")
  cat("Desviación estándar:", sd(x), "\n")
}
```

Intervalo de confianza 95.0%

```
error <- qnorm(0.975) * sd(x)/sqrt(length(x))
cat("Intervalo de confianza 95%: [", mean(x)-error, ", ", mean(x)+error, "]\n")
# Cuartiles
cat("Cuartiles (25%, 50%, 75%):\n")
print(quantile(x, probs = c(0.25, 0.5, 0.75)))
cat("\n-----\n")
}
```

Análisis descriptivo por grupo

```
cat("=== Pretest Control ===\n")
descriptive_stats(pre_control)
cat("=== Postest Control ===\n")
descriptive_stats(post_control)
```

```

cat("=== Pretest Experimental ===\n")
descriptive_stats(pre_exp)
cat("=== Postest Experimental ===\n")
descriptive_stats(post_exp)

```

Diagrama de Cajas

```

par(mfrow=c(1,2)) # dos gráficos lado a lado
boxplot(pre_control, pre_exp,
        names = c("Control", "Experimental"),
        main = "Pretest",
        ylab = "Puntaje",
        col = c("lightblue", "lightgreen"))

```

```

boxplot(post_control, post_exp,
        names = c("Control", "Experimental"),
        main = "Postest",
        ylab = "Puntaje",
        col = c("lightblue", "lightgreen"))

```

Gráfico de medias con IC 95.0%

```

media <- c(mean(pre_control), mean(pre_exp), mean(post_control), mean(post_exp))
sd_val <- c(sd(pre_control), sd(pre_exp), sd(post_control), sd(post_exp))
n <- c(length(pre_control), length(pre_exp), length(post_control), length(post_exp))
error <- qnorm(0.975) * sd_val / sqrt(n)

```

```
# Crear nombres de grupos
```

```
grupos <- c("Pre Control", "Pre Experimental", "Post Control", "Post Experimental")
```

```
# Barplot con IC
```

```

bar_positions <- barplot(media, names.arg = grupos,
                        col = c("lightblue", "lightgreen", "lightblue", "lightgreen"),
                        ylim = c(0, max(media+error)+1),
                        main = "Medias con IC 95%", ylab = "Puntaje")

```

```
# Agregar barras de error
```

```

arrows(x0 = bar_positions, y0 = media-error, y1 = media+error, angle = 90, code = 3,
length = 0.1)

```

#Se aplica la prueba de Normalidad

```

shapiro.test(pre_control)
shapiro.test(post_control)
shapiro.test(pre_exp)
shapiro.test(post_exp)

```

#Se grafican los Histogramas con línea de densidad para visualizar la No Normalidad

```

par(mfrow = c(2,2)) # 2x2 panel
hist(pre_control, main = "Control Pre.T", xlab = "Puntaje", col = "skyblue", border =
"white", prob = TRUE)

```

```
lines(density(pre_control), col = "red", lwd = 2)
hist(post_control, main = "Control Pos.T", xlab = "Puntaje", col = "lightgreen", border =
"white", prob = TRUE)
lines(density(post_control), col = "red", lwd = 2)
```

```
hist(pre_exp, main = "Experimental Pre.T", xlab = "Puntaje", col = "orange", border
= "white", prob = TRUE)
lines(density(pre_exp), col = "red", lwd = 2)
hist(post_exp, main = "Experimental Pos.T", xlab = "Puntaje", col = "violet", border =
"white", prob = TRUE)
lines(density(post_exp), col = "red", lwd = 2)
```

#Se procede a determinar la Prueba de Mann-Whitney U para muestras independientes

```
# Mann-Whitney U unilateral para pretest (Experimental > Control)
resultado_pre_unilateral <- wilcox.test(pre_exp, pre_control,
alternative = "greater", exact = FALSE)
print("Mann-Whitney U unilateral Pretest (Experimental > Control):")
print(resultado_pre_unilateral)
```

```
# Mann-Whitney U unilateral para posttest (Experimental > Control)
resultado_post_unilateral <- wilcox.test(post_exp, post_control,
alternative = "greater", exact = FALSE)
print("Mann-Whitney U unilateral Posttest (Experimental > Control):")
print(resultado_post_unilateral)
```

#Se procede a determinar también el Wilcoxon signed-rank para un mismo grupo

```
# Wilcoxon signed-rank para el grupo Experimental
wilcox_exp <- wilcox.test(pre_exp, post_exp, paired = TRUE,
alternative = "less", exact = FALSE)
print("Wilcoxon signed-rank Experimental (pre < post):")
print(wilcox_exp)
```

```
# Wilcoxon signed-rank para el grupo Control
wilcox_control <- wilcox.test(pre_control, post_control, paired = TRUE,
alternative = "less", exact = FALSE)
print("Wilcoxon signed-rank Control (pre < post):")
print(wilcox_control)
```

#Para determinar el Alfa de Cronbach se ingresan los datos del grupo experimental directamente

```
exp_datos <- data.frame(
Item1 =
c(4,1,4,4,3,4,4,4,4,4,3,3,5,4,3,1,4,3,5,5,4,5,4,5,3,1,3,4,3,5,4,5,4,3,5,4,4,5,4,1,4,4,4,4,3,4
,1,3),
Item2 =
c(4,1,4,4,4,4,5,2,3,3,4,3,5,3,3,3,4,5,4,5,5,5,3,5,5,1,4,4,3,5,5,5,4,3,5,4,4,3,5,1,4,4,2,3,3,3
,3,5),
```

```

Item3 =
c(5,1,5,5,4,4,5,4,4,3,5,3,5,3,3,3,4,5,3,5,5,3,3,5,4,1,2,5,3,5,4,5,3,3,5,4,2,4,4,1,5,4,4,3,3,3,3,5),
Item4 =
c(4,2,4,5,5,4,5,4,4,3,2,3,5,3,4,3,4,5,4,5,4,4,4,5,3,1,4,4,3,5,5,5,5,3,5,4,3,3,3,2,5,4,4,3,3,3,3,5),
Item5 =
c(5,1,3,4,3,4,3,2,5,4,4,3,5,2,2,1,3,4,5,5,4,4,3,5,4,1,3,5,3,5,5,3,4,3,4,4,3,2,4,1,4,4,2,4,3,2,1,4),
Item6 =
c(5,1,4,3,4,3,3,4,5,4,3,3,5,4,3,1,4,4,5,5,5,5,3,5,3,1,3,4,3,5,5,5,5,3,5,4,3,3,5,1,3,3,3,4,3,4,1,4),
Item7 =
c(3,1,4,3,4,5,5,4,4,4,2,3,5,4,3,1,3,5,5,5,5,2,5,5,4,1,3,5,3,5,4,5,3,3,5,4,3,3,4,1,3,5,3,4,3,4,1,5),
Item8 =
c(4,1,4,4,3,4,5,4,4,4,3,3,5,4,3,1,2,3,5,5,5,5,4,5,5,1,3,4,3,5,4,3,5,3,5,4,5,4,5,1,4,4,3,4,3,4,1,3),
Item9 =
c(4,2,3,4,3,4,4,4,4,4,3,5,5,2,1,3,4,4,5,4,3,3,5,3,1,3,5,3,5,5,5,2,3,5,4,3,4,4,2,4,4,3,4,3,4,3,5,2,4),
Item10=
c(5,1,4,5,5,4,4,4,4,4,5,3,5,3,3,2,3,5,5,5,3,4,4,5,5,1,5,4,3,5,5,5,5,3,5,4,4,3,4,1,5,4,4,4,3,3,2,5)
)

```

Calcular alfa de Cronbach

```
resultado_alpha <- alpha(exp_datos)
```

```
# Mostrar resultado completo
```

```
print(resultado_alpha)
```

```
# Solo el valor de alfa
```

```
cat("Alfa de Cronbach del grupo experimental:", resultado_alpha$total$raw_alpha, "\n")
```

```
# Análisis de encuesta de satisfacción PhET por ítem
```

```
# Esto muestra el promedio de cada ítem (escala 1 a 5)
```

```
promedios_items <- colMeans(exp_datos)
```

```
print("Promedio por ítem:")
```

```
print(promedios_items)
```

```
# Promedio general de todos los ítems
```

```
promedio_total <- mean(as.matrix(exp_datos))
```

```
cat("\nPromedio general de la encuesta:", round(promedio_total,2), "\n\n")
```

```
# Porcentaje de cada categoría por ítem
```

```
# Esta función calcula el porcentaje de estudiantes que eligieron cada opción (1 a 5)
```

```
porcentaje_respuestas <- function(x){
```

```
  round(100 * table(factor(x, levels=1:5)) / length(x), 2)
```

```

}

# Aplicar a todos los ítems
print("Porcentaje de cada respuesta por ítem:")
porcentajes_items <- lapply(exp_datos, porcentaje_respuestas)
print(porcentajes_items)

# Porcentaje de estudiantes que "están de acuerdo" o "muy de acuerdo"
# (Respuestas 4 y 5)
acuerdo <- function(x){
  round(100 * sum(x >= 4) / length(x), 2)
}

# Aplicar a todos los ítems
porcentaje_acuerdo <- lapply(exp_datos, acuerdo)
print("Porcentaje de estudiantes que están de acuerdo o muy de acuerdo por ítem:")
print(porcentaje_acuerdo)

# Crear una tabla resumen final
resumen <- data.frame(
  Item = colnames(exp_datos),
  Promedio = round(promedios_items,2),
  Porcentaje_Acuerdo = unlist(porcentaje_acuerdo)
)

print("Resumen de encuesta por ítem:")
print(resumen)

```

Anexo E. Encuesta: Grado de satisfacción con el uso de simulaciones PhET dirigida al grupo experimental.

Encuesta: Grado de satisfacción con el uso de simulaciones PhET

Instrucciones para el estudiante:

Marque con una "X" el número que mejor refleje su grado de acuerdo.

Escalas:

1 = Muy en desacuerdo 2 = En desacuerdo 3 = Neutral 4 = De acuerdo 5 = Muy de acuerdo

Nº	Descripción	1	2	3	4	5
1	El uso de PhET facilitó mi comprensión de los conceptos estudiados.					
2	La simulación hizo la clase más dinámica y motivadora.					
3	Pude manejar la herramienta PhET de forma sencilla, sin grandes dificultades.					
4	Las simulaciones me ayudaron a relacionar la teoría con la práctica.					
5	PhET me permitió aprender a mi propio ritmo.					
6	Recomendaría el uso de PhET en otras materias o próximas clases.					
7	La actividad con PhET fomentó la participación y el trabajo en equipo.					
8	Las simulaciones ayudaron a que recordara mejor los contenidos.					
9	Me sentí motivado(a) para explorar y experimentar dentro de la simulación PhET.					
10	En general, estoy satisfecho(a) con la experiencia de aprendizaje utilizando las simulaciones PhET.					

Anexo F. Planificación de clases.

FORMATO PARA PLANIFICACIÓN POR DESTREZAS CON CRITERIOS DE DESEMPEÑO

		UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR			2025-2026	
PLAN DE DESTREZAS CON CRITERIO DE DESEMPEÑO						
1. DATOS INFORMATIVOS:						
Docente:	Basantes Esparza Bryan Leonel		Área/asignatura:	Ciencias Naturales/Física	Grado/Curso:	2do Bach. Paralelo: A, B, C, D
N.º de unidad de planificación:	1	Título de unidad de planificación:	Caída libre		Objetivos específicos de la unidad de planificación: OG.CN.6. Usar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como herramientas para la búsqueda crítica de información, el análisis y la comunicación de sus experiencias y conclusiones sobre los fenómenos y hechos naturales y sociales.	
2. PLANIFICACIÓN						
DESTREZAS CON CRITERIOS DE DESEMPEÑO A SER DESARROLLADAS:				INDICADORES ESENCIALES DE EVALUACIÓN:		
CN.F.5.1.26.: Determinar que el lanzamiento vertical y la caída libre son casos concretos del movimiento unidimensional con aceleración constante (g), mediante ejemplificaciones y utilizar las ecuaciones del movimiento vertical en la solución de problemas.				I.CN.F.5.6.1. Analiza la velocidad, ángulo de lanzamiento, aceleración, alcance, altura máxima, tiempo de vuelo, aceleración normal y centrípeta en el movimiento de proyectiles, en función de la naturaleza vectorial de la segunda ley de Newton. (I.2.)		
EJES TRANSVERSALES:	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Interculturalidad ❖ Formación de una ciudadanía democrática ❖ Protección del medio ambiente ❖ Cuidado de la salud y los hábitos de recreación de los estudiantes ❖ Educación sexual en los jóvenes 		PERIODOS:	3	DURACIÓN DE LA PANIFICACIÓN:	5 al 23 de mayo del 2025

Estrategias metodológicas	Recursos	Indicadores de logro	Actividades de evaluación/ Técnicas / instrumentos
<p>Semana 1 del 5 al 9 de mayo: Diagnóstico y retroalimentación inicial.</p> <p>Objetivo: Aplicar una prueba diagnóstica (pretest) para identificar el nivel de conocimientos sobre el tema de caída libre.</p> <p>Duración total: 80 minutos Pretest: 40 minutos. Retroalimentación inicial: 40 minutos.</p> <p>Actividades: Aplicación de la prueba con preguntas validadas por el IB, en temas de caída libre.</p> <p>Discusión grupal de las respuestas, aclarando dudas y corrigiendo concepciones alternativas.</p> <p>Semana 2 del 12 al 16 de mayo: Intervención pedagógica tanto al grupo de control como al experimental. Objetivo: Desarrollar la unidad de caída libre mediante dos métodos de enseñanza:</p> <p>Grupo de control: enseñanza tradicional. Grupo experimental: enseñanza con el simulador interactivo PhET.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pizarra ➤ Marcadores ➤ Borrador ➤ Proyector ➤ Cronómetro ➤ Hojas de respuesta. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identifica y aplica correctamente las ecuaciones de caída libre según el sistema de referencia elegido. ❖ Interpreta la relación entre velocidad, aceleración de la gravedad y desplazamiento durante el movimiento. ❖ Resuelve problemas de caída libre, comparando resultados experimentales y simulados para el grupo experimental. ❖ Valora el uso del simulador PhET como herramienta para el aprendizaje de fenómenos físicos. 	<p><u>Técnicas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación: Supervisar la participación de los estudiantes durante las actividades en la resolución de problemas de caída libre. • Evaluación del desempeño: Verificar cómo los estudiantes aplican las ecuaciones de caída libre y los conceptos de velocidad, aceleración, tiempo y altura máxima en ejercicios prácticos. <p><u>Instrumentos de Evaluación:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Secuencia didáctica de ejercicios: Registro de los problemas resueltos y capturas de pantalla de las simulaciones realizadas en PhET. • Pruebas pretest y postest: Evaluaciones de diagnóstico y de rendimiento académico con preguntas de opción múltiple validadas por el IB. • Participación en clase: Observación de la interacción de los

<p>Duración total: 2 sesiones de 80 minutos (una para el grupo de control y otra para el experimental).</p> <p>Actividades:</p> <p>1. Grupo de control: Enseñanza tradicional Conceptos fundamentales de la caída libre.</p> <p>Resolución de problemas guiada, con énfasis en el uso de ecuaciones del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.</p> <p>Problemas resueltos en clase:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Movimiento vertical con velocidad inicial. 2. Análisis de vectores: velocidad y aceleración. 3. Caída libre desde una altura (rapidez inicial = 0 m/s). 4. Lanzamiento vertical hacia arriba desde una altura ($u > 0$; $\Delta y \neq 0$). 5. Influencia de la masa despreciando la resistencia del aire. <p>Preguntas de opción múltiple con cuatro alternativas y una única respuesta correcta.</p> <p>2. Grupo experimental: Uso del simulador PhET Los mismos temas y problemas del grupo de control.</p> <p>Demostraciones en tiempo real con el simulador PhET Interactive</p>			<p>estudiantes durante la discusión de resultados y retroalimentación.</p>
---	--	--	--

<p>Simulations (Universidad de Colorado).</p> <p>Uso de computadora, manipulación de variables (altura inicial, velocidad, tiempo, gravedad) y análisis de resultados.</p> <p>Dicha actividad permite favorecer el aprendizaje activo y la comprensión visual de los conceptos de caída libre.</p> <p>Se proporciona a los estudiantes una guía de secuencia didáctica que será trabajada de forma asincrónica.</p> <p>Semana 3 del 19 al 23 de mayo: Postest y retroalimentación final. Objetivo: Aplicar la prueba postest, tanto al grupo de control como al experimental.</p> <p>Duración total: 80 minutos Prueba Postest: 40 minutos. Retroalimentación final: 40 minutos.</p> <p>Actividades: Aplicación de la misma prueba postest utilizado en el pretest para evaluar los aprendizajes logrados.</p> <p>Revisión colectiva de las respuestas y discusión de las dificultades encontradas.</p> <p>Resolución de dudas y conclusiones finales por parte del grupo de control y experimental.</p>			
--	--	--	--