

RECURSOS EDUCATIVOS DE IMPRESIÓN 3D BAJO UN ENFOQUE DE STEM: CASO DE ESTUDIO DE CONSERVACIÓN DE ENERGÍA Y CENTRO DE MASA

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.158112613011>

Juan Chávez Torres

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas. Av. San Claudio y 18 sur C. U. Col. San Manuel, Puebla, Pue., México,

Marco A. Morales

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Química. San Manuel, Puebla, Pue., México,
<https://orcid.org/0000-0002-2361-9645>

Ricardo Agustín-Serrano

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas. San Manuel, Puebla, Pue., México,
<https://orcid.org/0000-0002-6468-7548>

Rafael Cruz José*

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Preparatoria "Alfonso Calderón Moreno". Heroica Puebla de Zaragoza, Pue., México,
<https://orcid.org/0009-0004-8323-1732>

*Autor de correspondencia

RESUMEN. En las últimas **décadas**, en la enseñanza de las ciencias exactas ha tratado de innovar en la forma de transferir el conocimiento hacia los estudiantes. Para esto, existen alternativas que pueden favorecer las maneras de transmitir el conocimiento a las nuevas generaciones. En esta investigación bajo un enfoque de educación por STEM, se muestran los resultados al implementar recursos impresos en 3D el tema de la conservación de la energía en el área de la mecánica clásica, correspondiente a los primeros semestres de la educación superior en **Física**, Ingeniería e incluso Matemática Aplicada. La investigación se realizó con dos grupos de estudiantes. Primero, se aplicó una prueba diagnóstica (Pretest) en línea, antes de una intervención didáctica sobre conservación de energía y centro de masa. Al Grupo A se le explicó el

funcionamiento de dispositivos (Paradoja Mecánica) solo de forma teórica, mientras que el Grupo B interactuó con modelos impresos en 3D de dichos dispositivos: Rampa que desafía la gravedad (Gravity Defying Ramp – Rolls UPHILL!) y Pájaro autoequilibrado (Self Balancing Bird), relacionados con estos temas. Ambos grupos discutieron sus respuestas durante 5 minutos. Finalmente, se aplicó una prueba (Postest), idéntica a la inicial, pero en formato impreso, para medir los efectos de la intervención. Los resultados muestran que los estudiantes que interactuaron con el material impreso en 3D, tienen un mejor resultado cuantitativo en el Postest. Por lo que mejoró el desempeño de los estudiantes en una aplicación real en temas de sobre conservación de energía y centro de masa.

PALABRAS CLAVE: STEM, impresión 3D, conservación de la energía.

3D PRINTING EDUCATIONAL RESOURCES WITH A STEM APPROACH: CASE STUDY OF ENERGY CONSERVATION AND MASS CENTER

ABSTRACT. In recent decades, the teaching of exact sciences has sought to innovate in how knowledge is transferred to students. To this end, alternatives exist that can enhance the methods of transmitting knowledge to new generations. This research, using a STEM education approach, presents the results of implementing 3D-printed resources on the topic of energy conservation within classical mechanics, corresponding to the first semesters of higher education in Physics, Engineering, and even Applied Mathematics. The research was conducted with two groups of students. First, an online diagnostic test (Pre-Test) was administered before a didactic intervention on energy conservation and center of mass. Group A received a theoretical explanation of the operation of devices (Mechanical Paradox), while Group B interacted with 3D-printed models of these devices: Gravity Defying Ramp (Rolls UPHILL!) and Self-Balancing Bird, both related to these topics. Both groups discussed their answers for 5 minutes. Finally, a post-test, identical to the initial one but in printed format, was administered to measure the effects of the intervention. The results show that the students who interacted with the 3D-printed material achieved better quantitative results on the post-test. This indicates improved student performance in real-world applications related to conservation of energy and center of mass.

KEYWORDS: STEM, 3D-printing, energy-conservation.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias exactas se ha convertido en un objeto de investigación relevante debido a la complejidad en los temas de estudio que se abarcan. Si bien los métodos de enseñanza son un nicho difícil de modificar, estos deben evolucionar conforme la tecnología avanza para obtener mejores resultados. Es aquí donde surge la propuesta de implementar recursos educativos por STEAM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) [1-4] que promuevan un mejor aprendizaje por parte de los estudiantes.

El enfoque STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) denominado originalmente Ciencia, Matemáticas, Ingeniería y Tecnología (SMET por sus siglas en inglés) fue una iniciativa de la Fundación Nacional de Ciencias (NSF). Esta iniciativa educativa buscaba dotar a todos los estudiantes de habilidades de pensamiento crítico que los capacitará para resolver problemas de forma creativa y, en última instancia, para un mejor desempeño laboral [5]. La implementación de la impresión 3D en las aulas de clase puede traer beneficios hacia los estudiantes ya que promueve la imaginación, el razonamiento, e incluso la organización en equipo, existen trabajos publicados que confirman los resultados beneficiosos [6,7]. Exponer o explicar un tema que a simple vista puede parecer complejo con ayuda de material didáctico impreso en 3D fomenta la curiosidad de los alumnos, pues se involucran directamente en la problemática planteada y el material es un auxiliar importante en la solución, por lo que se familiarizan con el tema y logran asimilar y retener el aprendizaje de mejor manera. Según el último Informe Horizon, “las impresoras 3D son una tecnología que tendrá un gran impacto educativo en los próximos años, llevando a los estudiantes a aprender explorando de forma manipulativa, es decir, aprender haciendo” [8].

Así pues en esta investigación se plantea abundar en los métodos de enseñanza más comunes con el fin de conocer sus características a fondo y proponer acciones que mejoren la recepción del aprendizaje en temas esenciales en las áreas de Ingeniería e incluso Matemática Aplicada con ayuda del avance tecnológico como la impresión 3D, ofreciendo nuevas oportunidades para innovar la enseñanza de la mecánica clásica con un proceso más didáctico, interactivo, visual y experimental, tratando de demostrar que la inclusión de las nuevas tecnologías en la enseñanza puede traer resultado muy beneficiosos en la educación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales: Carretes de filamento de diversos colores de PETG (Tereftalato de Polietileno con glicol modificado).

Equipo: Impresoras 3D de filamento por deposición fundido (MDF) Bambu Lab A1" y "X1 Carbon.

Diseños de modelo de los dispositivos: Para el dispositivo principal usado en la actividad se utilizó el modelo digital: Gravity Defying Ramp (**Rolls UPHILL!**- Thingiverse, (Licencia de uso: Creative Commons Attribution 4.0 International), obtenido desde la plataforma Thingiverse [9] (ver Figura 2.1).

Los parámetros de impresión como dimensiones y relleno del dispositivo se modificaron en el software Bambu Studio Version 2.0.1.50 [10], partiendo del modelo original en formato STL.

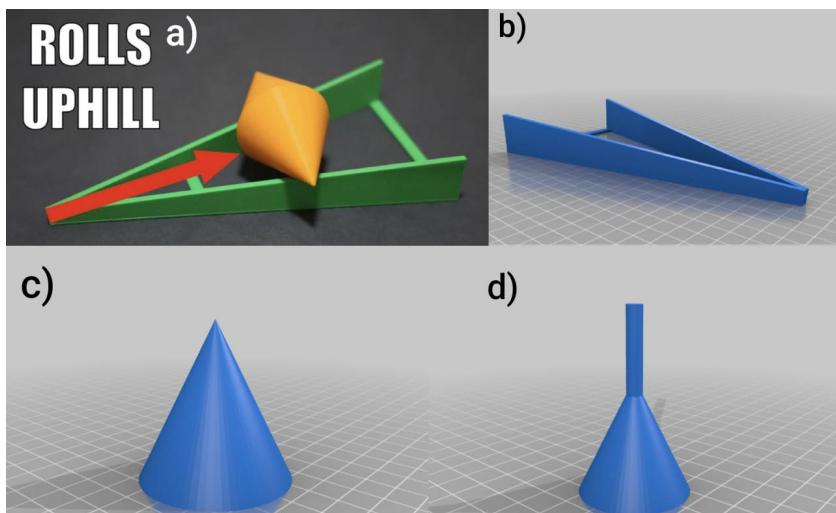


Figura 2.1: (a) Dispositivo esperado. (b) Plano Inclinado. (c) Cono. (d) Cilindro y Cono [9].

Por otro lado, se usó el modelo Self Balancing Bird, (Licencia de uso: Creative Commons

Attribution 4.0 International.), obtenido desde la plataforma Thingiverse [11] y editado con el mismo software (ver Figura 2.2). Con la finalidad de ser un auxiliar en la exposición del tema centro de masa.

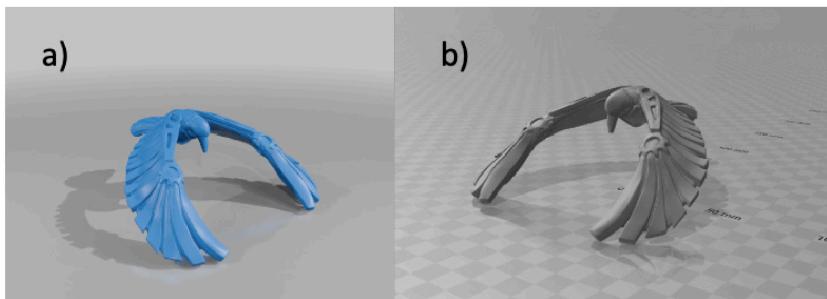


Figura 2.2: Diseño del modelo auxiliar centro de masa [11].
a) Vista lateral izquierda, b) vista lateral derecha.

Material Teórico: Para la exposición se utilizó una presentación en diapositivas, además del simulador PHET [12] con la finalidad de hacer más interactiva la exposición y representar problemas ideales sobre los temas.

Las diapositivas se realizaron en la aplicación de Power Point de Office y abarcaron los siguientes temas:

1. Definición y ejemplos de Energía.
2. Definición y ejemplos de Energía Cinética y Energía Potencial.
3. Ley de Conservación de la Energía Mecánica y ejemplo.
4. Simulador con ejercicios relacionados a los temas.
5. Definición y ejemplos de Centro de Masa.
6. Introducción al dispositivo.

Impresión 3D de los dispositivos educativos

Se usaron las impresoras “Bambu Lab A1” y “X1 Carbon”, se imprimieron 9 piezas idénticas de cada modelo con filamento PETG, las cuales se utilizaron en la actividad educativa de la enseñanza de conservación de energía y centro de masa (Ver Figura 2.3).

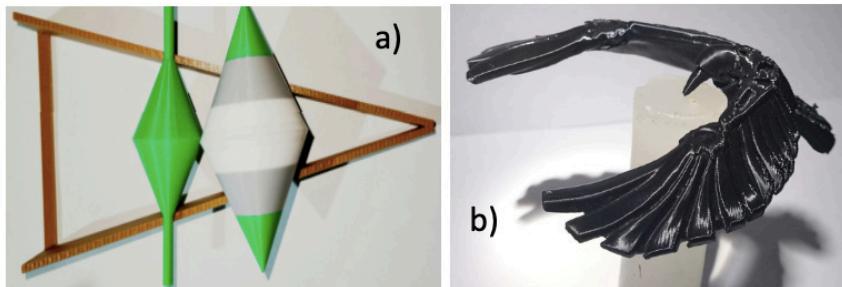


Figura 2.3: a) Resultado de la Impresión del dispositivo Gravity Defying Ramp (Rolls UPHILL!), b) Resultado de la Impresión Self Balancing Bird.

Elaboración de la actividad

Para que la actividad transcurriera de la manera más orgánica posible, los cuestionarios de medición se aplicaron con indicaciones simples sin dar indicios de las actividades en el aula.

Pretest diagnóstico: Se elaboró un cuestionario diagnóstico usando la herramienta de formularios Google, con el fin de evaluar los conocimientos previos de los estudiantes en los temas de conservación de energía mecánica y centro de masa. Este cuestionario consta de 16 preguntas las cuales se clasifican de esta manera:

- Pregunta 1 y 2: Son preguntas personales que buscaban identificar a la persona que contestaba el cuestionario.
- Preguntas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9: Estas trataban las definiciones conceptuales y matemáticas sobre los temas con los que se trabajaría más adelante.
- Preguntas 10, 11, 12, 13: Estas consistían en resolver ejercicios relacionados con los temas.
- Preguntas 14, 15, 16: Para finalizar este cuestionario se elaboraron estas preguntas donde se presentaba un fenómeno físico (Paradoja Mecánica), con el objetivo de conocer si podían relacionar la teoría con una aplicación real. A.1

Posttest Evaluativo: Para evaluar el aprendizaje de los estudiantes posterior a la exposición, se realizó la aplicación de un Posttest escrito, que contenía las mismas preguntas reactivas, problemas y análisis del dispositivo.

Grupos de Estudio

Para la aplicación de la actividad se tomó en cuenta a cinco grupos de la materia de Física Experimental I de las licenciaturas en Física y Física Aplicada de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas (FCFM) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) del Estado de Puebla, México.

Se dividieron a los estudiantes en 2 grupos, Grupo A y Grupo B.

Grupo A

El grupo A tuvo la participación de 49 estudiantes inicialmente correspondientes a 3 grupos distintos de estudiantes que cursaban la materia de Física Experimental, por temas de logística en la segunda parte del proyecto se tuvo la participación de 53 estudiantes.

Con este grupo se trabajó proporcionando una clase estándar, de tal manera que en la parte teórica solo recibieron la exposición de los conceptos físicos sin elementos didácticos adicionales.

Grupo B

El Grupo B tuvo la participación de 36 estudiantes inicialmente correspondientes a 2 grupos distintos de estudiantes que cursaban la materia de Física Experimental de igual modo la segunda parte del proyecto tuvo una participación de 34 estudiantes.

Con este grupo se trabajó con una clase más dinámica e interactiva, ya que además de la parte teórica a este grupo se les proporcionó el material impreso en 3D.

Desarrollo de la actividad

A continuación se describe la secuencia con la que se llevó a cabo la actividad.

Aplicación Pretest

A ambos grupos, Grupo A y Grupo B, se les aplicó el Pretest con antelación, con el fin de evaluar y registrar los conocimientos previos en los temas de conservación de energía mecánica y centro de masa, pues se considera deben conocerlos en este punto de sus estudios de licenciatura.

Exposición Teórica

La exposición fue exactamente de la misma manera en ambos grupos en los temas teóricos, energía, energía cinética, energía potencial, conservación de energía mecánica y centro de masa.

Conforme se avanzaba en la exposición se resolvieron dudas de los estudiantes y se plantearon preguntas por parte del expositor para promover la interacción del grupo. En ambos grupos después de la teoría se utilizó el Simulador “Energía en la pista de patinaje” de PHET donde se aplicaron visualmente los conceptos expuestos. En la parte de centro de masa y el dispositivo, cambió la dinámica para cada grupo, esto se describe a continuación.

Grupo A

A este grupo se presentó tal cual el dispositivo sin informar de qué trataba, se presentó con el nombre “dispositivo” donde se comentó que consistía de 3 elementos, un cilindro, un bicono y un plano inclinado. Posterior a esto se plantearon las preguntas:

1. ¿Qué sucede al colocar el cilindro desde la parte media del plano inclinado?
2. ¿Qué sucede al colocar el bicono desde la parte media del plano inclinado?

Para cada pregunta se dio 5 minutos para formular una respuesta con la opción de discutir en equipo y después de ese tiempo se planteó la premisa:

¿Es posible que el cilindro o el bicono vayan de la parte de menor altura a la parte de mayor altura en el plano inclinado?

Concluyendo con esto la presentación con el Grupo A.

Grupo B

Durante la exposición, en el tema centro de masa se usó el modelo Self Balancing Bird para interactuar y entender mejor el concepto centro de masa, así mismo se presentó el dispositivo con sus elementos.

Se plantearon las mismas preguntas que al Grupo A con la diferencia que tuvieron a disposición un dispositivo impreso en 3D por cada equipo de 3 alumnos.

Los participantes en el estudio tuvieron 5 minutos para formular sus respuestas a las preguntas y se planteó la premisa después de interactuar con el dispositivo.

Concluyendo con esto la presentación con el Grupo B.

Aplicación Postest

En la parte final se aplicó un postest para obtener información del nivel de comprensión y aprendizaje de los conceptos tratados, esta fue la última etapa de la actividad y se realizó una vez terminada la presentación de 30 minutos. Al finalizar

la exposición y después de que tuvieran respuestas a las preguntas planteadas, se aplicó el Postest Evaluativo el cual tuvieron 30 minutos para responder.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos en este estudio, así como la interpretación realizada de los mismos.

Resultados previos

Como se explicó en la metodología, debido a la logística de la actividad, la población no tuvo exactamente el mismo número de muestras entre la aplicación del Pretest y el Postest, por esta razón el enfoque del análisis será con los porcentajes de las respuestas correctas en lugar del número de respuestas correctas.

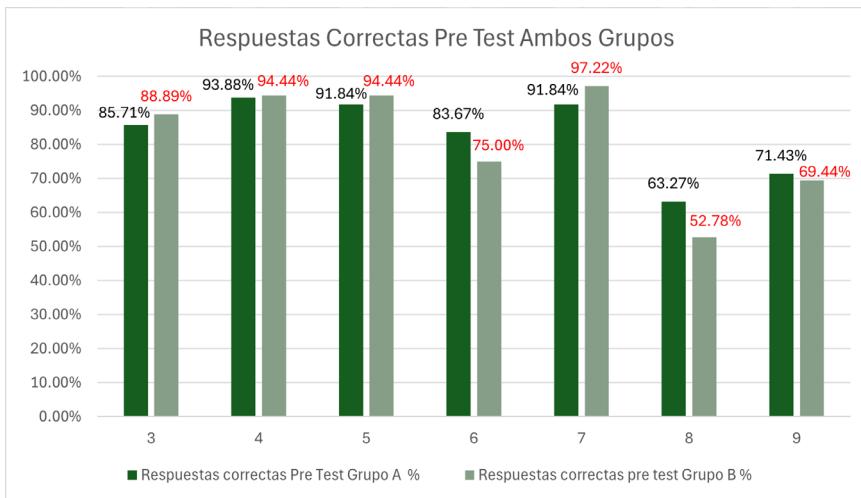
Comparación en las respuestas correctas en el Pretest entre ambos grupos

Como se explicó en la metodología, los cuestionarios de medición (Pretest y Postest) contienen diferentes tipos de preguntas, a continuación, se comparan los resultados enfocados en los tipos de preguntas.

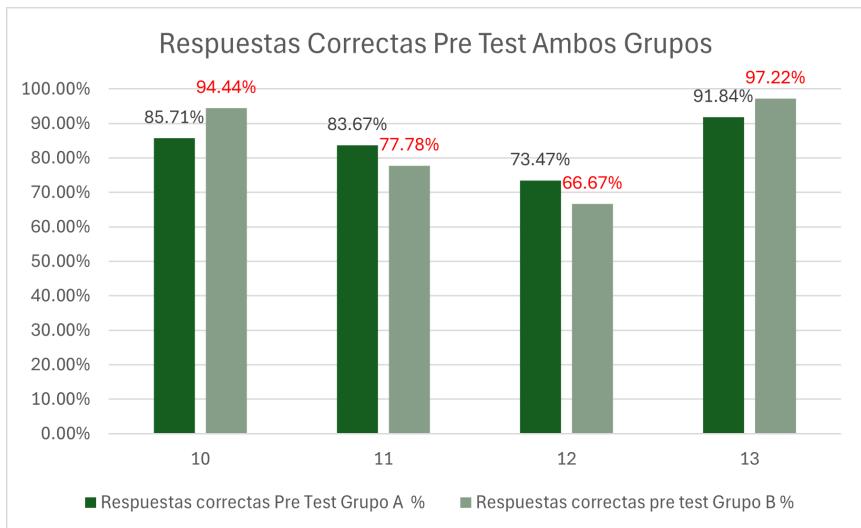
En la Gráfica 1 se muestra la comparación entre las respuestas correctas en el Pretest entre el Grupo A y Grupo B, en las preguntas referentes a las definiciones conceptuales y matemáticas de los temas.

- Media Grupo A: =83.09%
- Media Grupo B: =81.74%
- Diferencia: 1.35%

Se observa que ambos grupos en la prueba diagnóstica contaban con unos conocimientos previos parecidos, ya que la diferencia porcentual es solo de 1.35 %, por lo que se puede considerar que parten de una base teórica semejante.



Gráfica 1: Comparación respuestas correctas Pretest ambos grupos (3 - 9)

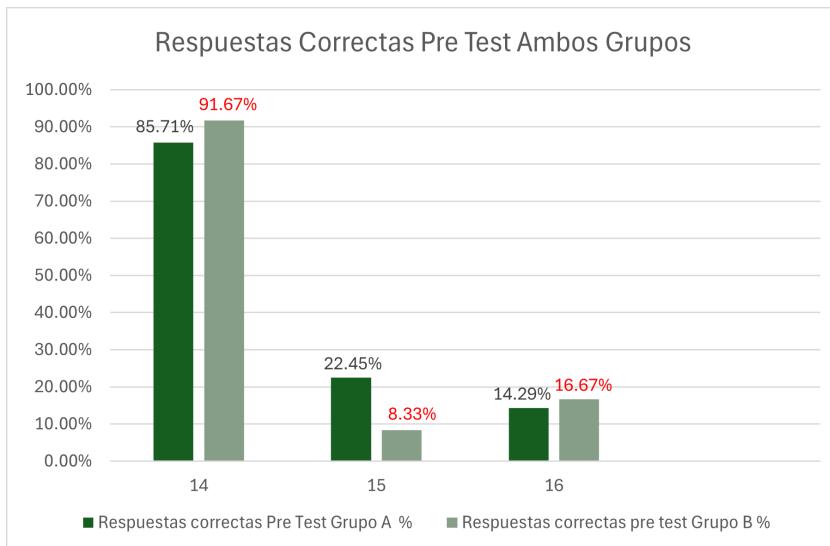


Gráfica 2: Comparación respuestas correctas Pretest ambos grupos (10 - 13)

En la Gráfica 2 se muestra la comparación entre las respuestas correctas en el Pretest entre el Grupo A y Grupo B, en las preguntas referentes la resolución de problemas.

- Media Grupo A: =83.67%
- Media Grupo B: =84.02%
- Diferencia: 0.35%

De manera similar, ambos grupos poseen una habilidad parecida al momento de resolver problemas relacionados con estos temas.



Gráfica 3: Comparación respuestas correctas Postest entre ambos grupos

En la Gráfica 3 se muestra la comparación entre las respuestas correctas en el Pretest entre el Grupo A y Grupo B, en las preguntas referentes a el dispositivo.

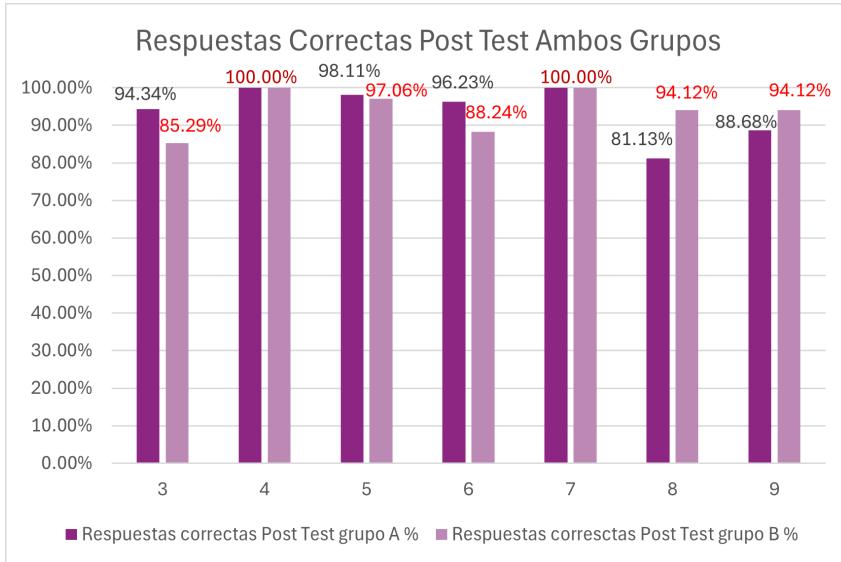
- Media Grupo A: =40.81%
- Media Grupo B: =38.89%
- Diferencia: 1.92%

En las gráficas relacionadas al dispositivo experimental es donde es más importante resaltar los detalles de los resultados, ya que aunque los conocimientos previos vuelven a ser parecidos debido a que la diferencia porcentual es muy baja, se puede notar que el porcentaje de respuestas correctas en las preguntas 15 y 16 es muy bajo. Con esto se observa que a pesar de que los estudiantes poseen conocimientos previos aceptables en la teoría y resolución de ejercicios, al momento

de tener que aplicar la teoría en un fenómeno experimental, no son capaces de hacerlo correctamente.

Comparación en las respuestas correctas en el Postest entre ambos grupos

Ahora se muestran los resultados de ambos grupos en el Postest, después de la intervención didáctica.

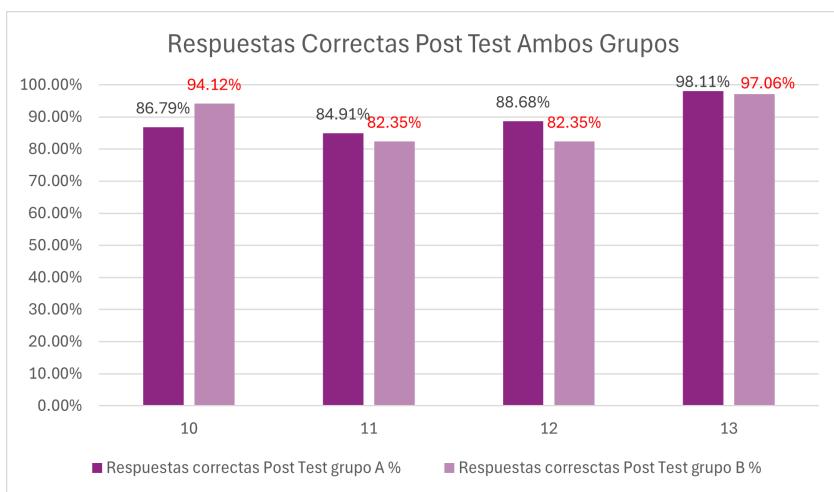


Gráfica 4: Comparación respuestas correctas Postest ambos grupos (3 - 9)

En la Gráfica 4 se muestra la comparación entre las respuestas correctas en el Postest entre el Grupo A y Grupo B, en las preguntas referentes a las definiciones conceptuales y matemáticas de los temas.

- Media Grupo A: =94.07%
- Media Grupo B: =94.11%
- Diferencia: 0.04%

El primer rasgo a resaltar es que ambos grupos obtuvieron una mejora en este apartado de preguntas, hay preguntas donde el Grupo A obtuvo un mayor aumento en el porcentaje (preguntas 3 y 6) y preguntas donde el Grupo B tuvo mejores resultados (preguntas 8 y 9) pero en general ambos grupos mejoraron en este rubro.

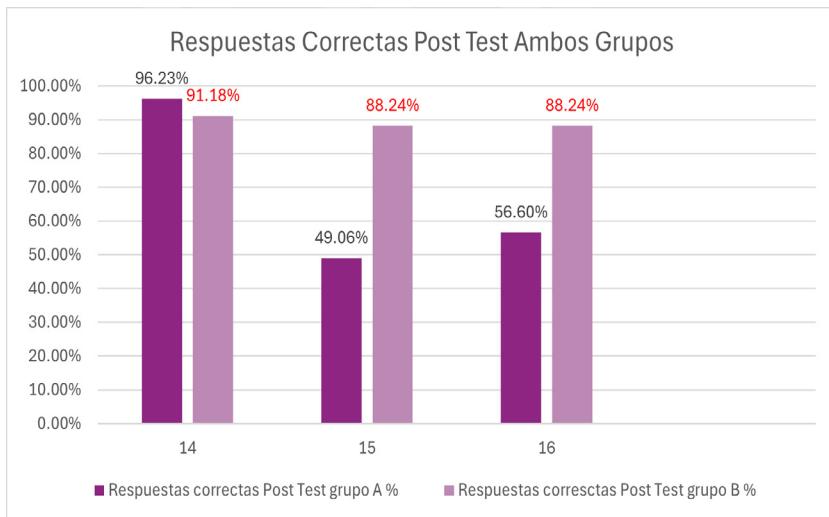


Gráfica 5: Comparación respuestas correctas Posttest ambos grupos (10 - 13)

En la Gráfica 5 se muestra la comparación entre las respuestas correctas en el Posttest entre los 2 grupos, en las preguntas referentes a la resolución de problemas.

- Media Grupo A: =89.62%
- Media Grupo B: =88.97%
- Diferencia: 0.65%

En estas preguntas se observa que existe una mejora ya que en la mayoría de preguntas mejoró el porcentaje. Y nuevamente la diferencia porcentual es muy baja, por lo que el conocimiento posterior a la intervención didáctica es semejante.



Gráfica 6: Comparación respuestas correctas Posttest ambos grupos (14 - 16)

En la Gráfica 6 se muestra la comparación entre las respuestas correctas en el Posttest en las preguntas referentes al dispositivo experimental.

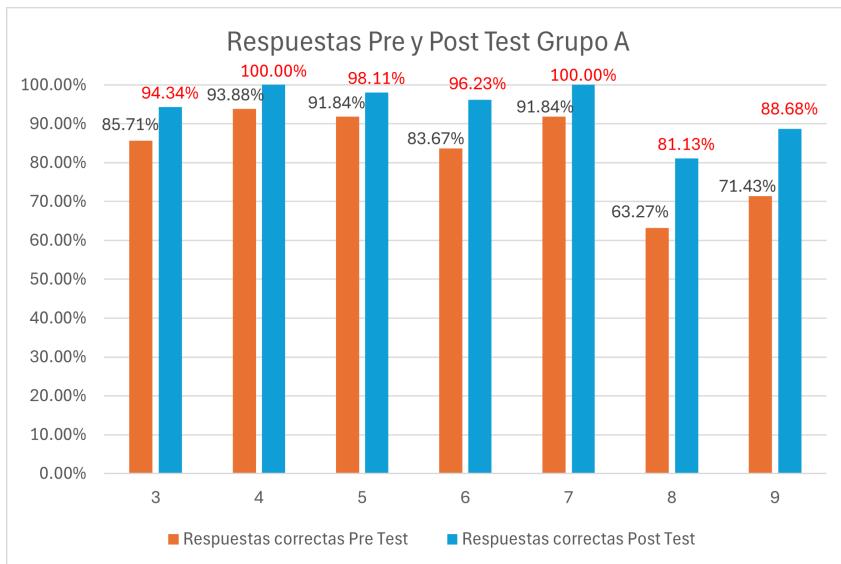
- Media Grupo A: =67.29%
- Media Grupo B: =89.22%
- Diferencia: 21.93%

Este resultado es el más importante, ya que se muestra una gran diferencia en los resultados posteriores a la intervención didáctica, a favor del grupo que interactuó con el dispositivo experimental.

Se atribuye que esta gran diferencia es gracias a la inclusión del material impreso en 3D.

Comparación en las respuestas correctas en el Pre y Posttest en el Grupo A

Ahora se muestran los resultados del Grupo A entre ambos tests.

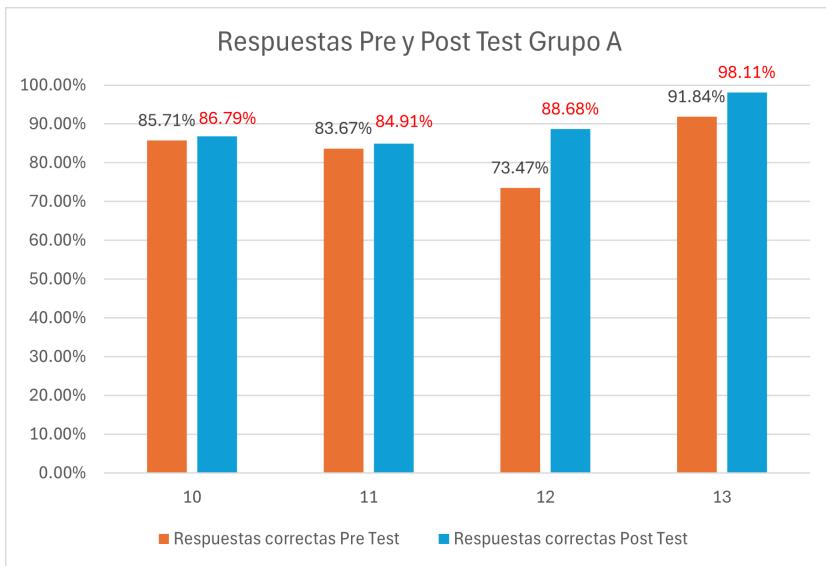


Gráfica 7: Comparación Grupo A (3 - 9).

La Gráfica 7 muestra la diferencia en los porcentajes de las respuestas después de la intervención didáctica, en las preguntas correspondientes a los conceptos de los temas.

- Media Pretest Grupo A: =83.09%
- Media Posttest Grupo A: =94.07%
- Diferencia: 10.98%

El Grupo A obtuvo una mejora en todas las preguntas de esta sección con un buen índice de mejora.

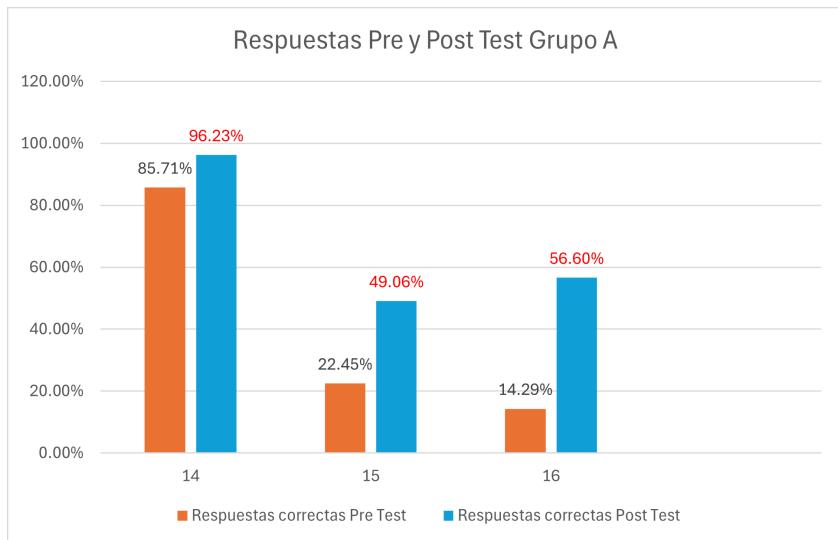


Gráfica 8: Comparación Grupo A (10 - 13)

La Gráfica 8 muestra la diferencia en los porcentajes de las respuestas después de la intervención didáctica, en los ejercicios.

- Media Pretest Grupo A: =83.67%
- Media Posttest Grupo A: =89.62%
- Diferencia: 5.95%

Nuevamente el Grupo A obtuvo una mejora en todas las preguntas de esta sección, resaltando que la diferencia no es tan grande como en el caso de las preguntas conceptuales.



Gráfica 9: Comparación Grupo A (14 - 16)

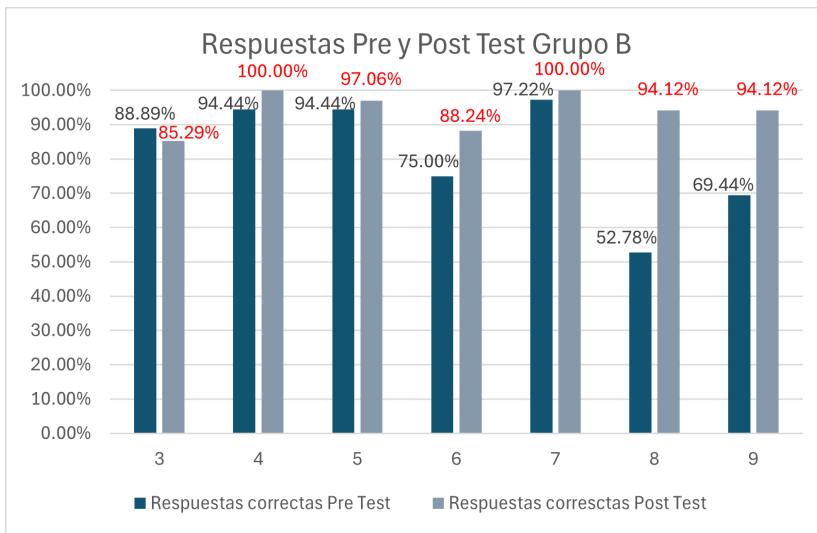
La Gráfica 9 muestra la diferencia en los porcentajes de las respuestas en las preguntas referentes al dispositivo experimental.

- Media Pre Test Grupo A: =40.81%
- Media Post Test Grupo A: =67.29%
- Diferencia: 26.48%

Al igual que en los casos anteriores, el Grupo A mejoró en sus resultados, pero como se estipuló, es en este tipo de preguntas es donde debe analizarse más a detalle. Debemos resaltar el bajo porcentaje que se obtuvo en el Pretest, y compararlo con los resultados del Postest, hubo una mejora de más del 20 %. Sin embargo, se pueden considerar que los porcentajes del Postest siguen siendo bajos en las preguntas 15 y 16 ya que menos del 60% de los estudiantes contestaron correctamente estas preguntas.

Comparación en las respuestas correctas en el Pre y Postest en el Grupo B

Ahora se muestran los resultados del Grupo B entre ambos Tests.

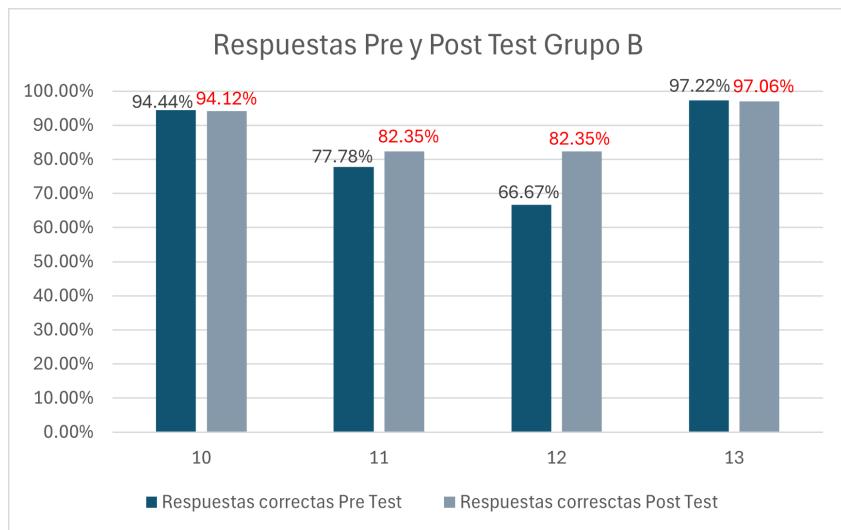


Gráfica 10: Comparación Grupo B (3 - 9)

La Gráfica 10 muestra la diferencia en los porcentajes de las respuestas después de la intervención didáctica, en las preguntas correspondientes a los conceptos de los temas.

- Media Pre Test Grupo B: =81.74%
- Media Post Test Grupo B: =94.11%
- Diferencia: 12.37%

El Grupo B obtuvo una mejora en la mayoría de las preguntas de esta sección ya que en la pregunta 3 el porcentaje del Posttest fue menor, aunque en general el Grupo B mejoró en este tipo de preguntas.

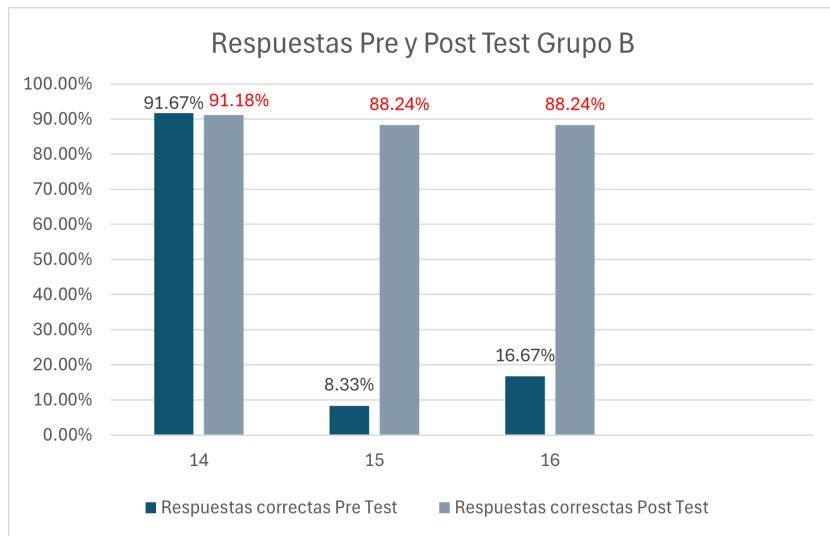


Gráfica 11: Comparación Grupo B (10 - 13)

La Gráfica 11 muestra la diferencia en los porcentajes de las respuestas después de la intervención didáctica, en las preguntas correspondientes a la solución de ejercicios.

- Media Pre Test Grupo B: =84.02%
- Media Post Test Grupo B: =88.97%
- Diferencia: 4.95%

El Grupo B obtuvo mejoras en las preguntas 10, 11 y 12, mientras que en la pregunta 13 el porcentaje decreció, una diferencia muy pequeña por lo que se puede considerar que se mantuvo igual. En términos generales el Grupo B mejoró sus resultados en esta sección.



Gráfica 12: Comparación Grupo B (14 - 16)

La Gráfica 12 muestra la diferencia en los porcentajes de las respuestas en las preguntas referentes al dispositivo experimental.

- Media Pre Test Grupo B: =38.89%
- Media Post Test Grupo B: =89.22%
- Diferencia: 50.33%

La importancia de esta investigación recae sobre estos resultados ya que podemos observar la diferencia entre ambos escenarios con este grupo. Si bien el Grupo A logró mejorar sus resultados solo con la intervención teórica, el Grupo B muestra una mejora con unos porcentajes mucho mejores.

Esto nos confirma que la propuesta del proyecto de investigación es correcta, ya que comparando el grupo que no tuvo acceso a los modelos impresos en 3D, con el que si tuvo este acceso, las diferencias son muy notables, más adelante de demostrará estadísticamente si estas diferencias son realmente significativas.

Análisis cualitativo

A continuación se presenta un análisis cualitativo a las respuestas abiertas brindadas por ambos grupos a la pregunta 15, ya que es importante analizar si su respuesta en el cuestionario coincide con su justificación.

Se analizan solo las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta referente al Bicono en el plano inclinado ya que estas respuestas fueron dadas después de la intervención teórica por lo que fue formulada después de repasar los temas.

Criterio de las respuestas

En esta ocasión los criterios para considerar que una respuesta sea correcta están dados por el autor de la tesis, el funcionamiento de la paradoja ya se explicó anteriormente, por lo que se define como una respuesta válida a esas respuestas que indican que el centro de masa del Bicono baja respecto a su posición inicial. Pueden variar las justificaciones, pero principalmente es argumentar que efectivamente el centro de masa del Bicono desciende.

Prueba T de Student

Anteriormente ya se explicó en que consiste la prueba y como se calcula, ahora aplicaremos la prueba con los resultados de nuestra investigación.

Base de Datos

Datos Grupo A

En este grupo la población en el Pretest fue de 49 muestras, mientras que en el Postest fue de 53 muestras.

Núm. de Pregunta	Respuestas correctas Pre-Test	Respuestas correctas Post-Test
3	42	50
4	46	53
5	45	52
6	41	51
7	45	53
8	31	43
9	35	47
10	42	46
11	41	45
12	36	47
13	45	52
14	42	51
15	11	26
16	7	30

Tabla 3.1: Número de respuestas correctas en Pre y Postest Grupo A

Nota: Los datos muestran el conteo de respuestas correctas.

Núm. de Pregunta	Respuestas correctas Pre-Test (%)	Respuestas correctas Post-Test (%)
3	85,71 %	94,34 %
4	93,88 %	100,00 %
5	91,84 %	98,11 %
6	83,67 %	96,23 %
7	91,84 %	100,00 %
8	63,27 %	81,13 %
9	71,43 %	88,68 %
10	85,71 %	86,79 %
11	83,67 %	84,91 %
12	73,47 %	88,68 %
13	91,84 %	98,11 %
14	85,71 %	96,23 %
15	22,45 %	49,06 %
16	14,29 %	56,60 %

Tabla 3.2: Porcentaje de respuestas correctas en Pre y Postest Grupo A

Nota: Todos los valores expresados en porcentaje (%).

Datos Grupo B

En este grupo la población en el Pretest fue de 36 muestras, mientras que en el Postest fue de 34 muestras.

Núm. de Pregunta	Respuestas correctas Pre-Test	Respuestas correctas Post-Test
3	32	29
4	34	34
5	34	33
6	27	30
7	35	34
8	19	32
9	25	32
10	34	32
11	28	28
12	24	28
13	35	33
14	33	31
15	3	30
16	6	30

Tabla 3.3: Número de respuestas correctas en Pre y Postest Grupo B

Nota: Los datos muestran el conteo de respuestas correctas.

Núm. de Pregunta	Respuestas correctas Pre-Test (%)	Respuestas correctas Post-Test (%)
3	88,89 %	85,29 %
4	94,44 %	100,00 %
5	94,44 %	97,06 %
6	75,00 %	88,24 %
7	97,22 %	100,00 %
8	52,78 %	94,12 %
9	69,44 %	94,12 %
10	94,44 %	94,12 %
11	77,78 %	82,35 %
12	66,67 %	82,35 %
13	97,22 %	97,06 %
14	91,67 %	91,18 %
15	8,33 %	88,24 %
16	16,67 %	88,24 %

Tabla 3.4: Porcentaje de respuestas correctas en Pre y Postest Grupo B

Nota: Todos los valores expresados en porcentaje (%).

Interpretación de los Datos

Al aplicar la prueba t, se deben tener presentes las hipótesis que se considerarán y como se compararán los datos en esta investigación.

Hipótesis

Hipótesis Nula H_0 : No existe una diferencia significativa entre la aplicación del Pre y el

Postest.

Hipótesis Alternativa H_1 : Existe una diferencia significativa entre la aplicación del Pre y el Postest.

Prueba t de Student

Se realizarán los cálculos correspondientes y se compararán los datos t y p obtenidos.

Significancia

El valor de significancia establecido es 0.05 (equivalente al 5 %), si el valor p es menor a este se rechaza la hipótesis nula.

Análisis por prueba t de student

Para realizar los cálculos necesarios en esta parte se usó la aplicación Excel. Fue utilizada una plantilla donde se calcularon individualmente los valores de cada variable necesaria para el cálculo de t, posterior a esto se usó la opción "Prueba t para

dos muestras suponiendo varianzas desiguales correspondiente a la herramienta de análisis de datos dentro del programa.

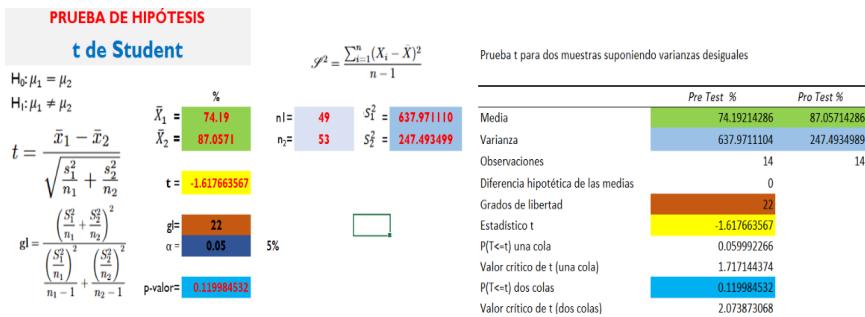


Figura 3.6: Cálculo y resultado de las variables Grupo A.

Decisión Grupo A

- Media Porcentual Pretest =74.1982
- Media Porcentual Posttest =87.0619
- Valor t: t= -1.6175
- Valor p: p= 0.1201

Como lo demuestran los resultados, la diferencia en el porcentaje entre las respuestas correctas entre el Pre Test y el Post Test es de 12.8637 %, por lo que se puede afirmar que hubo una mejora en el conocimiento de los temas vinculados a la actividad, sin embargo, aplicando los criterios de la prueba t, el valor p tiene un resultado de 0.1201 que es mayor que la significancia lo que nos hace aceptar la hipótesis nula, asumiendo que “No existe una diferencia significativa entre la aplicación del Pre y Posttest” mediante una clase estándar.

Grupo B

PRUEBA DE HIPÓTESIS

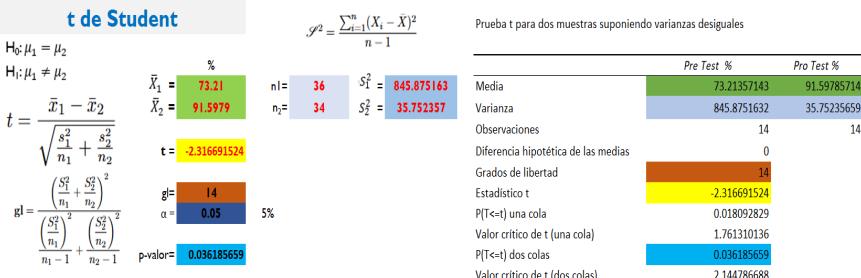


Figura 3.9: Cálculo y resultado de las variables Grupo B.

Decisión Grupo B

- Media Porcentual Pretest =73.2142
- Media Porcentual Posttest =91.5966
- Valor t: t= -2.3163
- Valor p: p= 0.0360

Como lo demuestran los resultados, la diferencia en el porcentaje entre las respuestas correctas entre el Pretest y el Posttest es de 18.3824 %, por lo que de igual manera hubo una mejora en el conocimiento de los temas vinculados a la actividad con un porcentaje mayor que en el Grupo A.

Ahora, aplicando los criterios de la prueba t, el valor p tiene un resultado de 0.0360 que es menor que la significancia lo que nos hace rechazar la hipótesis nula, asumiendo que “Si existe una diferencia significativa entre la aplicación del Pre y Posttest” usando el material didáctico impreso en 3D en la clase.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se propone la inclusión de la tecnología de impresión 3D en las clases de nivel superior, a pesar de ser una tecnología relativamente nueva en el siglo XXI. El acceso a esta tecnología se ha vuelto más accesible, por lo que, como se demostró incluirla en la educación es una forma efectiva de mejorar el entendimiento de los temas.

Los resultados nos muestran que las interacciones didácticas en clase pueden mejorar el rendimiento de los alumnos, si bien no es correcto afirmar que en todos

los temas existentes se pueden lograr estos resultados, queda como antecedente que existen complementos educativos que mejoran la recepción de conocimiento científico.

El grupo B con el cual se utilizó el material didáctico, mostró un interés muy grande en cuanto a entender el fenómeno a tratar, discutir, dialogar e interactuar en todo momento, mientras que el grupo A se mostró desinterés al no entender que era lo que realmente pasaba, tomaron la actividad como una clase normal a tal punto de que solo querían que terminara la actividad.

Aunque la actividad y el análisis se ejecutaron en el nivel superior de estudios, considero que las dinámicas podrían aplicarse completamente en niveles de educación media superior y con una gran variedad de temas.

En general, las actividades con enfoque de educación por STEAM, deben ser tomados en cuenta como una manera de innovar e incluso revolucionar la enseñanza, ya que hoy en día el avance de la tecnología ha encontrado la forma de adaptarse a varias industrias.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Laboratorio Interdisciplinario para la Innovación Tecnológica de impresión 3D de la FCFM por los recursos brindados en este proyecto y a la Vicerrectoría de Estudios de Posgrado de la BUAP, ID del proyecto: 00065-PVG/2025. Modelación computacional y procesamiento por FDM y SLA de materiales inteligentes y sustentabilidad: redes cristalinas y fantomas por impresión 3D/4D.

ANEXO 1

Pretest

A1.1. Cuestionario de Google aplicado en ambos grupos

Test de Introducción

B I U G X

Para este test es importante que contestes con tu conocimiento actual sobre los temas que se preguntan, se tendrá un tiempo máximo de 30 minutos por lo que se recomienda no recurrir a investigar sobre el tema para poder contestar el test completo.

1. Edad *

Texto de respuesta corta

2. Matrícula *

Texto de respuesta corta

3. ¿Qué es la energía? *

- a. Es la capacidad de un objeto para cambiar de posición.
- b. Es una magnitud física que se define como la capacidad de modificar el movimiento forma de un cuer...
- c. Propiedad de la materia que mide la cantidad de masa que hay en un determinado volumen.
- d. Es la capacidad de la materia para realizar un trabajo, movimiento o producir calor.

Figura A1.1: Pretest parte 1

4. ¿Qué es la energía cinética? *

- a. Es la energía relacionada al movimiento de los objetos.
- b. Es la energía que se transporta por las ondas de luz.
- c. Es una forma de energía que se produce por el movimiento de electrones a través de un conductor
- d. Es la energía que se encuentra en los enlaces químicos de las moléculas y compuestos.

5. ¿Qué es la energía potencial? *

- a. Es la energía que se genera por el movimiento de las partículas que componen una sustancia.
- b. Es la energía que se almacena en un objeto y se asocia con la posición del objeto.
- c. Es la energía que se libera o absorbe cuando se producen cambios en las sustancias químicas.
- d. Es la energía que poseen los cuerpos en forma de calor.

6. ¿Qué es el centro de masa? *

- a. Es el punto central de cualquier objeto o sistema sin importar su masa y posición.
- b. El peso total de un objeto.
- c. Es el punto que se mueve como si toda la masa de un sistema se concentrara allí, se puede encontrar ...
- d. El centro del planeta tierra.

Figura A1.2: Pretest parte 2

7. Selecciona la opción que describe matemáticamente a la energía cinética *

a.

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

b.

$$F_x = -kx$$

c.

$$W = -\frac{1}{2}kx$$

d.

$$E_c = \frac{1}{3}mv * h$$

8. Selecciona la opción que describe matemáticamente a la energía potencial. *

a.

$$E = -kx$$

b.

$$E_p = m * h * g^2$$

c.

$$U(y) = mgy$$

d.

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Figura A1.3: Pretest parte 3

9. Selecciona la opción que describe matemáticamente la conservación de energía mecánica. *

a.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

b.

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

c.

$$E = mc^2$$

d.

$$K_2 + U_2 = K_1 + U_1$$

Resuelva los siguientes problemas.

Considera la gravedad igual a 9.8 m/s^2

10. Una bicicleta de 20 kg lleva a un ciclista que pesa 60kg. Si ambos se desplazan a 10 m/s, *
¿Cuál es la energía cinética del sistema?

a. 1000 J/s

b. 3000 J

c. 4200 J/s

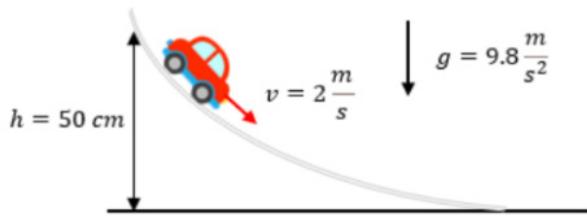
d. 4000 J

Figura A1.4: Pretest parte 4

11. Calcula la energía potencial de un martillo de 1,5 kg de masa cuando se halla situado a una altura de 2 m sobre el suelo. *

- a. 29.4 J
- b. 29.4 J/s
- c. 294 J
- d. 294 J/s

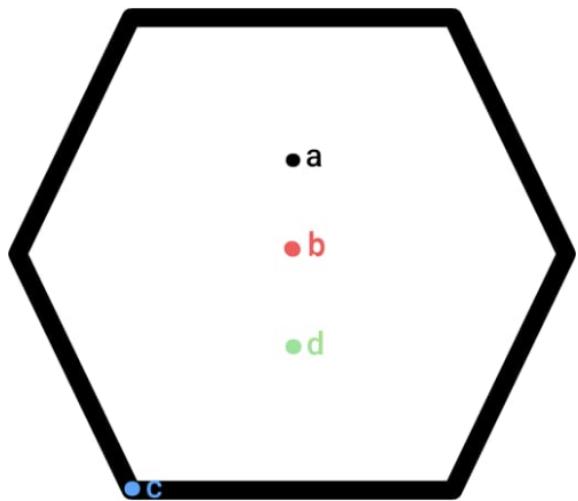
12. Un carro de 200 g de masa, baja por una trayectoria como se muestra en la figura. Colocado a 50 cm respecto al suelo, el carro tiene una velocidad de 2 m/s. Sin tener en cuenta las fuerzas de fricción, ¿Qué altura tendrá cuando su velocidad sea de 3 m/s? *



- a. 0.245 m
- b. 24.5 m
- c. 4.0833 m
- d. 40.833 m

Figura A1.5: Pretest parte 5

13. En la siguiente figura, selecciona la opción que señala el centro de masa.*



- a.
- b.
- c.
- d.

Figura A1.6: Pretest parte 6

SISTEMA

Con la siguiente descripción imagina el sistema y resuelve las preguntas.

El dispositivo se conforma por 3 partes esenciales, que son:

1. Un cilindro de medidas arbitrarias cuyo objetivo es desplazarse sobre el plano.
2. El Bicono, dos conos unidos por sus bases y con una altura semejante a la del cilindro cuyo objetivo es desplazarse sobre el plano.
3. El plano inclinado, un plano que tiene un ángulo de inclinación α , que permite tener un lado A con mayor altura y un lado B con menor altura donde se desplazan el cilindro y el bicono.

SISTEMA



Figura A1.7: Pretest parte 7

14. ¿Qué crees que sucede al colocar el cilindro desde la parte media del plano inclinado? *

- a. Se queda en el mismo lugar
- b. Se desplaza hacia el lado de menor altura del plano
- c. Se desplaza hacia el lado de mayor altura del plano
- d. Oscila de un lado a otro.

14.5 ¿Por qué? Justifique su respuesta *

Texto de respuesta larga

15. ¿Qué crees que sucede al colocar el Bicono desde la parte media del plano inclinado? *

- a. Se queda en el mismo lugar
- b. Se desplaza hacia el lado de menor altura del plano
- c. Se desplaza hacia el lado de mayor altura del plano
- d. Oscila de un lado a otro.

15.5 ¿Por qué? Justifique su respuesta *

Texto de respuesta larga

Figura A1.8: Pretest parte 8

16. En el plano que se muestra en la figura, ¿crees que es posible que el cilindro o el bicono se * desplace desde la parte de menor altura hacia la parte de mayor altura sin la intervención de una fuerza externa (además de la gravedad)?

- a. No, ninguno puede desplazarse hacia la parte de mayor altura sin la ayuda de una fuerza externa
- b. Sí, solo el cilindro
- c. Sí, solo el bicono
- d. Sí, Ambos pueden subir sin la ayuda de una fuerza externa

16.5 ¿Por qué? Justifique su respuesta *

Texto de respuesta larga

Figura A.9: Pretest parte 9

ANEXO 2

Postest

A2.1. Test Impreso aplicado al final de la actividad en ambos grupos

TEST ENERGÍA Y CENTRO DE MASA

Instrucciones: Contesta todas las preguntas y en los casos que sea necesario justifica tu respuesta.

EDAD: _____

MATRÍCULA: _____

1. ¿Qué es la energía?

- a. Es la capacidad de un objeto para cambiar de posición.
- b. Es una magnitud física que se define como la capacidad de modificar el movimiento forma de un cuerpo.
- c. Propiedad de la materia que mide la cantidad de masa que hay en un determinado volumen.
- d. Es la capacidad de la materia para realizar un trabajo, movimiento o producir calor.

2. ¿Qué es la energía cinética?

- a. Es la energía relacionada al movimiento de los objetos.
- b. Es la energía que se transporta por las ondas de luz.
- c. Es una forma de energía que se produce por el movimiento de electrones a través de un conductor.
- d. Es la energía que se encuentra en los enlaces químicos de las moléculas y compuestos.

3. ¿Qué es la energía potencial?

- a. Es la energía que se genera por el movimiento de las partículas que componen una sustancia.
- b. Es la energía que se almacena en un objeto y se asocia con la posición del objeto.
- c. Es la energía que se libera o absorbe cuando se producen cambios en las sustancias químicas.
- d. Es la energía que poseen los cuerpos en forma de calor.

5. Selecciona la opción que describe matemáticamente a la energía cinética.

- a) $K = \frac{1}{2}mv^2$
- b) $F_x = -kx$
- c) $W = -\frac{1}{2}kx$
- d) $E_c = \frac{1}{2}mv^2$

6. Selecciona la opción que describe matemáticamente a la energía potencial gravitacional.

- a) $E = -kx$
- b) $E_p = m * h * g^2$
- c) $U(y) = m * g * y$
- d) $E = \frac{1}{2}mv^2$

7. Selecciona la opción que describe matemáticamente la conservación de energía mecánica.

- a) $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
- b) $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$
- c) $E = mc^2$
- d) $k_1 + U_1 = k_2 + U_2$

Figura A2.1: Postest parte 1

Resuelva los siguientes problemas.
Considera la gravedad igual a $9,8 \frac{m}{s^2}$.

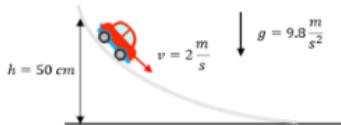
8. Una bicicleta de 20 kg lleva a un ciclista que pesa 60kg. Si ambos se desplazan a 10 m/s, ¿Cuál es la energía cinética del sistema?

- a. 1000 J/s
- b. 3000 J
- c. 4200 J/s
- d. 4000 J

9. Calcula la energía potencial de un martillo de 1,5 kg de masa cuando se sitúa a una altura de 2 m sobre el suelo.

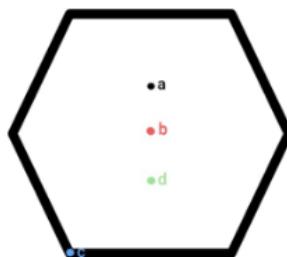
- a. 29,4 J
- b. 29,4 J/s
- c. 294 J
- d. 294 J/s

10. Un carro de 200 g de masa, baja por una trayectoria como se muestra en la figura. Colocado a 50 cm respecto al suelo, el carro tiene una velocidad de 2 m/s. Sin tener en cuenta las fuerzas de fricción, ¿Qué altura tendrá cuando su velocidad sea de 3 m/s?



- a. 0.245 m
- b. 24.5 m
- c. 4.0833 m
- d. 40.833 m

11. En la siguiente figura, selecciona la opción que señala el centro de masa.



- a.
- b.
- c.
- d.

Figura A2.2: Posttest parte 2

SISTEMA

12. ¿Qué crees que sucede al colocar el cilindro desde la parte media del plano inclinado?

- a. Se queda en el mismo lugar
- b. Se desplaza hacia el lado de menor altura del plano
- c. Se desplaza hacia el lado de mayor altura del plano
- d. Oscila de un lado a otro.

Justifica tu respuesta:

13. ¿Qué crees que sucede al colocar el Bicono desde la parte media del plano inclinado?

- a. Se queda en el mismo lugar
- b. Se desplaza hacia el lado de menor altura del plano
- c. Se desplaza hacia el lado de mayor altura del plano
- d. Oscila de un lado a otro.

Justifica tu respuesta:

14. En el plano que se muestra en la figura, ¿crees que es posible que el cilindro o el bicono se desplace desde la parte de menor altura hacia la parte de mayor altura sin la intervención de una fuerza externa (además de la gravedad)?

- a. No, ninguna puede desplazarse hacia la parte de mayor altura sin la ayuda de una fuerza externa
- b. Sí, solo el cilindro.
- c. Sí, solo el bicono.
- d. Si, Ambos pueden subir sin la ayuda de una fuerza externa

Justifica tu respuesta:

GRUPO: _____

Figura A2.3: Postest parte 3

Explica desde tu perspectiva, y lo más detalladamente posible el comportamiento del sistema, todos los aspectos que consideras influyen, al final redacta una conclusión personal de la actividad.

Figura A2.4: Postest parte 4

REFERENCIAS

- [1] WHITE, D. **What is STEM education and why is it important?**, Florida Association of Teacher Educators Journal. Volume 14, pp. 1-8, 2014.
- [2] BARAKOS, L., LUJAN, V., and STRANG, C. **Science, technology, engineering, mathematics (STEM): Catalyzing change amid the confusion.**, Portsmouth, NH: RMC Research Corporation, Center on Instruction, 2012.
- [3] SANTILLÁN, J., CADENA, V. and CADENA, M. **Educación Steam: entrada a la sociedad del conocimiento.** Ciencia Digital, 3(3.4.), pp 212-227, 2019.
- [4] SALGADO, M., ALSINA, Á. and FILGUEIRA, S. **Argumentación matemática a través de actividades STEAM en educación infantil.**, Epsilon - Revista de Educación Matemática, 104, pp. 45-57, 2020.
- [5] WHITE, D. (2014). What is STEM education and why is it important?, Florida Association of Teacher Educators Journal. Volume 14, pp 1-8.
- [6] SCHELLY, C., ANZALONE, G., WIJNEN, B., and PEARCE, J. **Opensource 3-D printing technologies for education: Bringing additive manufacturing to the classroom.** Journal of Visual Languages and Computing, Elsevier, 28, pp.226-237, 2019. 10.1016/j.jvlc.2015.01.004. hal-02119674.

[7] KEFALIS, C., SKORDOULIS, C., DRIGAS, A. **The Role of 3D Printing in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (S.T.E.M.)**. Education in General and Special Schools. 2. 4-18, 2024. 10.3991/ijoe.v20i12.48931

[8] ADAMS, S., CUMMINS, M., DAVIS, A., FREEMAN, A., HALL, C. and ANANTHANARAYANAN, V. **NMC Horizon Report: 2017**. Higher Education Edition. The New Media Consortium, 2017.

[9] Packeranderson22. (2022, Marzo 28), Gravity Defying Ramp (Rolls UPHILL!). Thingiverse. <https://www.thingiverse.com/thing:5328915#Summary>

[10] Bambu Studio, acceso abril 2025, <https://bambulab.com/es/download/studio>

[11] ngnjuan. (2024, Junio 08), Self Balancing Bird. Thingiverse.

[12] Simulación de PhET. Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, bajo licencia CC- BY-4.0 Energía en la pista de patinaje.