



Diseño de una experiencia de aprendizaje basada en analogías para facilitar la adquisición del concepto de densidad

Design of a learning experience based on analogies to facilitate the acquisition of the concept of density

Hilda Vásquez-Carvajal¹, Yoselyn Walsh²

H. Vásquez-Carvajal, Y. Walsh "Diseño de una experiencia de aprendizaje basada en analogías para facilitar la adquisición del concepto de densidad", IDI+, vol. 5, no 2, Jul., pp. 31-45, 2023.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v5i2.6548>

Fecha de recepción: 30 de junio de 2022
Fecha de aprobación: 11 de octubre de 2022

1. Hilda Vásquez-Carvajal
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
hildarvc@estudiantec.cr
 0000-0003-2076-9207

2. Yoselyn Walsh
Profesora-investigadora
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
ywalsh@itcr.ac.cr
 0000-0002-6113-4593

Resumen

Los estudiantes presentan problemas para aprender conceptos en ramas STEM, debido a su naturaleza abstracta y el enfoque de procedimiento matemático que se le da en las lecciones. Por lo cual, este artículo se enfoca en el proceso de diseño y validación de una experiencia de aprendizaje de conceptos de densidad. El manipulativo físico utilizado como objeto de aprendizaje se basó en el Modelo de Cuadros y Puntos (MCP) para demostrar de forma gráfica, la relación que existe entre los conceptos de masa, volumen y densidad. Seis escenarios se utilizaron para guiar la interacción con el manipulativo físico. Además, un total de seis estudiantes de colegio participaron en la validación de la experiencia de aprendizaje. Como resultado, se obtuvo una mejoría de los conceptos entre la prueba inicial y la prueba final; sin embargo, se demostró que los participantes tienen problemas con los conceptos de masa, volumen y su relación con la densidad.

Palabras claves

Experiencia de aprendizaje; STEM; diseño; densidad; objeto de aprendizaje.

Abstract

Students present complications in learning concepts in branches such as physics and chemistry due to the abstract nature of their concepts and the mathematical procedural approach given in the lessons. This article focuses on the process of designing and validating a learning experience for density concepts. The physical manipulative used as a learning object was based on the Model of Squares and Points (MSP) to graphically demonstrate the relationship between the concepts of mass, volume, and density. Six scenarios were used to guide interaction with the physical manipulative. A total of six high school students participated in the validation of the learning experience. As a result, the concepts were improved between the initial and final tests; however, it was shown that the participants had problems with the concepts of mass, volume, and their relation to density.

Keywords

Learning experience, STEM, design, density; learning object.

Introducción

La densidad es un concepto fundamental de física. El término “densidad” alude a la relación matemática que existe entre la masa y el volumen ocupado de un objeto [1]. Además, esta es una propiedad intensiva de la materia, es decir, es una propiedad fija de cada material o sustancia. Investigadores han encontrado que los estudiantes presentan problemas para entender el concepto de densidad [2]. Principalmente, se encontró que no asocian densidad como una propiedad intensiva que caracteriza a una sustancia, sino que confunden densidad con cambios de forma y volumen. Por ejemplo, se ha encontrado que los estudiantes confunden el concepto de densidad con los conceptos de masa (cantidad de materia) y de volumen (cantidad de espacio) que ocupa un material o sustancia [2]. Una de las explicaciones de porqué el concepto de densidad es difícil de aprender para los estudiantes es que los humanos no pueden percibir la densidad de un objeto de manera directa, sino que deben recurrir al cálculo matemático [3].

Para facilitar el aprendizaje y enseñanza del concepto de densidad, se han utilizado diferentes métodos, incluido el basado en analogías. La analogía es una relación de semejanza que se establece entre dos referentes distintos. Estas permiten transferir conocimientos de un área a otra y facilitan la visualización de un dominio desconocido [4]. En este artículo, se explora el uso de analogías visuales para el diseño de una experiencia de aprendizaje [4]. También se investigaron los *affordances* de la experiencia de aprendizaje que contribuyeron con la comprensión del tema de densidad. Además, el modelo de analogía utilizado fue el de cuadros y puntos (MCP) creado por Smith et al. [5]. Finalmente, la pregunta de investigación que guio el estudio fue: ¿cuáles son los *affordances* del objeto de aprendizaje diseñado para facilitar el aprendizaje de densidad?

El término *affordance* utilizado en el estudio es el dado por Donald Norman [6], el cual se define como lo que un usuario cree que puede hacer con un sistema (“Afford” to do), según su expectativa, entendimiento previo y la primera impresión del sistema.

El modelo de cuadros y puntos

El Modelo de Cuadros y Puntos (MCP) asigna a cuadrados iguales la unidad de volumen y a puntos iguales la unidad de masa de la sustancia [4]. La cantidad de puntos por unidad de volumen constituye la unidad de densidad. Para ejemplificarlo, la figura 1 muestra el modelo básico de MCP, donde cada cuadro representa una unidad estándar de volumen y cada punto representa una unidad de masa. Además, el número de puntos por cuadro corresponde a la densidad.

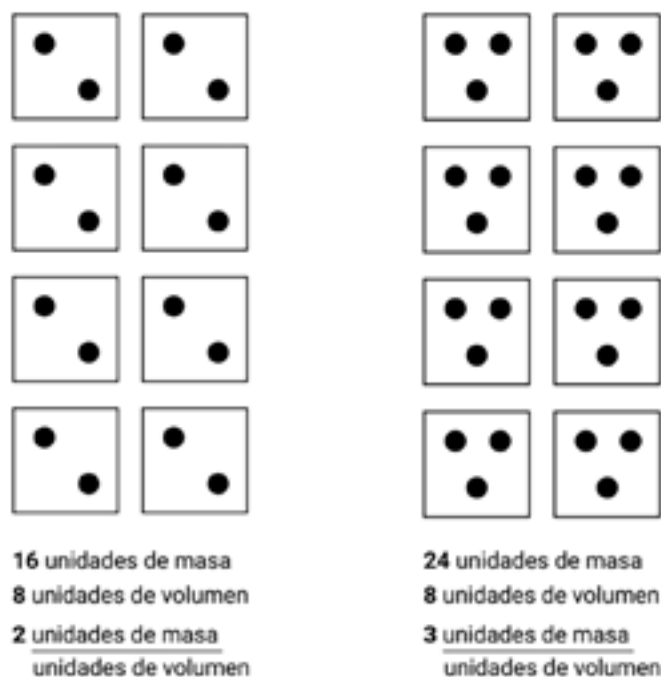


Fig. 1. Representación del Modelo de Cuadros y Puntos. [4].

El MCP es útil para ayudar a comprender el concepto de densidad de una forma gráfica y entender su relación con los conceptos de masa y volumen [4]. Para calcular la densidad (d) de un objeto, se debe dividir la masa (m) entre el volumen (v) para obtener la fórmula: $d = m/v$. En el modelo se puede observar la densidad como la cantidad de masa que puede albergar cada unidad de volumen de un objeto.

Métodos

Con el objetivo de investigar cuáles son los *affordances* del objeto de aprendizaje diseñado que facilitan el aprendizaje de densidad, se elaboraron tres diferentes materiales didácticos: prueba de conocimiento de densidad, objeto de aprendizaje y guía de experimentación. Los materiales didácticos se utilizaron para hacer una intervención educativa con estudiantes de décimo y undécimo año.

1. Prueba de conocimiento de densidad

La prueba de conocimiento incluye preguntas sobre los conceptos de densidad, masa y volumen de una o más sustancias en una comparación. La tabla I muestra la relación entre los escenarios de uso, los materiales y el proceso de razonamiento. Los escenarios o preguntas contienen los conceptos que se evalúan en la prueba de conocimiento.

2. Objeto de aprendizaje

El objeto de aprendizaje (OA) permite al estudiante sacar conclusiones con respecto a la densidad, masa y volumen de una o más sustancias en una comparación. OA se conforma de dos elementos principales: los cuadrantes y las esferas. Por su parte, los cuadrantes representan las unidades de volumen y las esferas las unidades de masa (figura 2).



Fig. 2. Objeto de aprendizaje.

En la figura 2, se observan cuatro cuadrantes de una medida de siete centímetros de arista. Cada cuadrante contiene tres esferas de vidrio en su interior. Es decir, en la figura 2 se observan cuatro unidades de volumen y 12 unidades de masa.

TABLA I

Escenarios, Elementos del Objeto de Aprendizaje y Razonamiento

Escenario o pregunta	Elementos del objeto de aprendizaje	Razonamiento
Escenario 1. ¿Qué es el volumen de un objeto?	¿Qué es el volumen de un objeto?	El volumen se define como el espacio que ocupa un objeto. Cuantos más cuadrantes tenga el objeto, va a poseer más volumen.
Escenario 2. ¿Qué es la masa de un objeto?	¿Qué es la masa de un objeto?	La masa se define como la cantidad de materia que posee. Cuantas más bolinchas posea el objeto, va a poseer más masa.

TABLA I. (Continuación)

Escenarios, Elementos del Objeto de Aprendizaje y Razonamiento


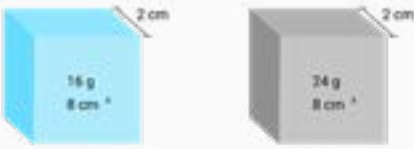

Escenario o pregunta	Elementos del objeto de aprendizaje	Razonamiento
<p>Escenario 3. ¿Qué es la densidad de un objeto?</p>	<p>¿Qué es la densidad de un objeto?</p>	<p>La densidad es la relación/división entre la masa y el volumen. La cantidad de bolinchas por cuadrante.</p>
<p>Escenario 4. Imagínese que usted tiene un cubo, al cual llamaremos Cubo A. Tiene las dimensiones mostradas en la figura adjunta y cuenta con 16 g de masa y 8 cm³ de volumen. Necesita calcular su densidad. ¿Cómo lo haría?</p>  <p style="text-align: center;">Cubo A</p>	<p>Cubo A Ocho cuadrantes representando ocho unidades de volumen. 16 bolinchas representando 16 unidades de masa.</p>	<p>Dada la fórmula de la densidad, se debe calcular $16 \text{ g}/8 \text{ cm}^3 = 2 \text{ g}/\text{cm}^3$ (2 unidades de masa/ unidades de volumen)</p>
<p>Escenario 5. Tomando los datos del escenario anterior. Imagine que usted tiene en su escritorio otro cubo, al cual llamaremos Cubo B. Observe la figura adjunta para más detalles. Compare el Cubo A y el Cubo B en términos de densidad.</p>  <p style="text-align: center;">Cubo A Cubo B</p>	<p>Cubo A Ocho cuadrantes representando ocho unidades de volumen 16 bolinchas representando 16 unidades de masa.</p> <p>Cubo B Ocho cuadrantes representando ocho unidades de volumen. 24 bolinchas representando 24 unidades de masa.</p>	<p>Cuanto más alto el valor de la relación entre la masa y el volumen, más densidad va a tener ese objeto. En este caso, el Cubo B es más denso que el cubo A, ya que $24 \text{ g}/8 \text{ cm}^3 = 3 \text{ g}/\text{cm}^3$ es mayor que $2 \text{ g}/\text{cm}^3$</p>

TABLA I. (Continuación)

Escenarios, Elementos del Objeto de Aprendizaje y Razonamiento

Escenario o pregunta	Elementos del objeto de aprendizaje	Razonamiento
<p>Escenario 6. Imagínese que usted tiene 2 botellas que contienen agua, como se muestran en la figura adjunta. Compare la botella A y la botella B en términos de densidad</p> 	<p>Botella A</p> <p>10 cuadrantes representando 10 unidades de volumen.</p> <p>10 bolinchas representando 10 unidades de masa.</p> <p>Botella B</p> <p>Cinco cuadrantes representando cinco unidades de volumen.</p> <p>Cinco bolinchas representando cinco unidades de masa.</p>	<p>A pesar de que tengan diferente masa y volumen, la densidad del agua sigue siendo la misma, por ende, ambos contenidos tienen la misma densidad de 1 g/ml (1 unidades de masa/ unidades de volumen).</p>

3. Guía de interacción

Para la utilización del OA, se diseñó una guía de interacción que promueve la reflexión y la adquisición de conocimientos de densidad. La interacción con el OA se dividió en dos fases: la exploración con el OA y los escenarios.

El objetivo de la fase de exploración es que los usuarios se enfoquen en el reconocimiento de las características físicas del OA. La fase de interacción contiene las siguientes preguntas:

1. Asumiendo que cada cuadrado es una unidad de volumen, ¿cómo representaría una sustancia que tenga 8 unidades de volumen?
2. Tomando en cuenta lo construido en la pregunta anterior y asumiendo que cada esfera es una unidad de masa, ¿cómo representaría una sustancia con 16 unidades de masa?
3. ¿Cómo representaría una sustancia que tenga 8 unidades de volumen y 12 unidades de masa?
4. ¿Reconoce el significado de las esferas en el objeto de aprendizaje?
5. ¿Reconoce el significado de los cuadrantes en el objeto de aprendizaje?

En la fase de escenarios con el OA, se utilizaron los escenarios descritos en la tabla 1, los cuales utilizan el Cubo A, Cubo B, Botella A y Botella B para el cálculo de densidad y comparación de densidades entre objetos. La diferencia con respecto a la prueba de conocimiento es que los

estudiantes utilizaron el OA para responder las preguntas en lugar de basar sus respuestas solo en el conocimiento previo.

Intervención

Para encontrar los *affordances* del OA de la experiencia de aprendizaje de densidad se llevó a cabo una intervención didáctica. Los participantes fueron seis estudiantes de secundaria; tres de décimo año y tres de undécimo año, quienes participaron de la experiencia de aprendizaje de forma voluntaria en las aulas del colegio. Las edades de los participantes oscilaban entre los 16 y 18 años. Todos habían recibido, antes, al menos un curso de física que abordó el tema de densidad. La figura 3 muestra a un participante durante la experiencia de aprendizaje.



Fig. 3. Participante utilizando el objeto de aprendizaje.

La intervención didáctica consistió en tres etapas secuenciales (figura 4). Para la prueba inicial, se utilizó la prueba de conocimiento, la cual se entregó de manera impresa a los estudiantes. Además, durante la prueba inicial, se les facilitó a los participantes hojas blancas y una calculadora para resolverla. En la fase de interacción, se utilizó el OA y la guía de interacción. En la prueba final, se utilizó por segunda ocasión la prueba de conocimiento, de tal forma que se pudieran observar cambios de antes y después de utilizar el OA.



Fig. 4. Esquema del procedimiento del estudio.

1. Análisis de datos

Los datos se analizaron desde la perspectiva del Análisis de Protocolos Verbales (VPA) de Bainbridge y Sanderson [7]. Las respuestas obtenidas durante el plan piloto fueron transcritas por la primera autora del artículo. Además, en cuanto a la generación de códigos para el análisis de las respuestas, se definió una rúbrica, la cual se muestra en la tabla II. Con el fin de comprobar la validez de la rúbrica y los escenarios, se llevó a cabo un plan piloto con dos usuarios. El plan piloto retroalimentó la formulación de las preguntas de la fase de exploración y también detalles en las dimensiones del prototipo.

TABLA II
Rúbrica de Evaluación

Etapa del estudio	Rubros de evaluación				
	Avanzado	Adecuado	En desarrollo	Inadecuado	No responde
Prueba inicial	La respuesta incluye una afirmación correcta y utiliza argumentos correctos para soportarla.	La respuesta incluye una afirmación correcta y utiliza algunos argumentos correctos para soportarla.	La respuesta incluye una afirmación correcta, pero los argumentos para soportarla son incorrectos o nulos.	La afirmación y los argumentos son incorrectos.	NR
Interacción Fase 1	Identifica todas las características de los elementos del objeto de aprendizaje.	Identifica la mayoría de las características de los elementos del objeto de aprendizaje.	Identifica pocas de las características de los elementos del objeto de aprendizaje.	No identifica las características de los elementos del objeto de aprendizaje.	NR
Interacción Fase 2	La respuesta incluye una afirmación correcta y utiliza argumentos correctos para soportarla.	La respuesta incluye una afirmación correcta y utiliza algunos argumentos correctos para soportarla.	La respuesta incluye una afirmación correcta, pero los argumentos para soportarla son incorrectos o nulos.	La afirmación y los argumentos son incorrectos.	NR
Prueba Final	La respuesta incluye una afirmación correcta y utiliza argumentos correctos para soportarla.	La respuesta incluye una afirmación correcta y utiliza algunos argumentos correctos para soportarla.	La respuesta incluye una afirmación correcta, pero los argumentos para soportarla son incorrectos o nulos.	La afirmación y los argumentos son incorrectos.	NR

Como muestra la tabla II, las respuestas de cada pregunta se evalúan según la etapa del estudio de manera independiente. Las respuestas de los estudiantes fueron categorizadas en avanzado, adecuado, en desarrollo, inadecuado y no responde. Por su parte, la tabla III muestra ejemplos de citas textuales de los participantes que ejemplifican un concepto “Avanzado”, un concepto “Adecuado”, un concepto “En desarrollo” y un concepto “Inadecuado”. La diferencia entre la categoría de “Avanzado” y “Adecuado” es el nivel de detalles científicamente correctos usados para apoyar la respuesta. La categoría “En desarrollo” es considerada una respuesta fragmentada, ya que contiene detalles científicos correctos e incorrectos en la misma respuesta. La categoría “Inadecuada” es incorrecta. Finalmente, en la categoría no responde, se ubican aquellas respuestas donde el estudiante deja en blanco la pregunta.

TABLA III
Ejemplos de Respuestas

Avanzado	Adecuado	En desarrollo	Inadecuado	No responde
<p>“El volumen de un objeto es básicamente el espacio que ocupa un objeto en determinado lugar en el espacio-tiempo”.</p> <p>-P5, Escenario 2</p>	<p>“La densidad es la cantidad de masa que hay en un volumen”.</p> <p>-P3, Escenario 3</p>	<p>“El volumen de un objeto es mmm, el volumen de un objeto es como mmm, el espacio que puede ocupar o no sé”.</p> <p>P6, Escenario 2</p>	<p>“Como la masa que, ósea, la cantidad de algo que puede caber en un objeto”.</p> <p>-P6, Escenario 3</p>	<p>NR</p>

Resultado

La figura 8 muestra el desempeño de los estudiantes en el pretest para los seis escenarios planteados para el estudio (tabla I).

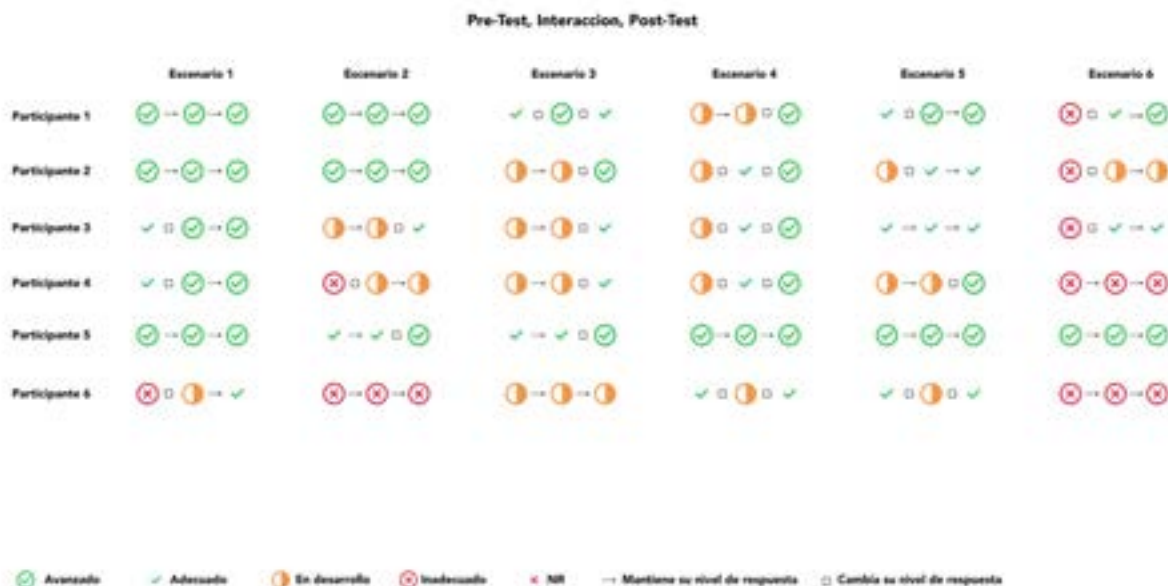


Fig. 5. Resultados del pretest.

Como se observa en la figura 5, se obtuvo un total de ocho respuestas avanzadas, nueve adecuadas, 11 en desarrollo y ocho inadecuadas. El Participante 5 fue el que obtuvo un mejor desempeño, con cuatro respuestas avanzadas y dos adecuadas. El Participante 6 obtuvo el peor desempeño, ya que obtuvo tres respuestas inadecuadas, dos adecuadas y una en desarrollo. En términos de escenarios, se puede observar que el Escenario 6 (densidad del agua en botellas de diferente tamaño) tuvo cinco de seis respuestas inadecuadas, lo que lo convierte en el escenario con el menor desempeño.

Con respecto a la fase de interacción, pueden observarse los resultados en la figura 6. En esta prueba, se obtuvieron 12 respuestas avanzadas, nueve respuestas adecuadas, 12 en desarrollo y tres inadecuadas. El Participante 1 fue el que obtuvo un mejor desempeño, mientras que el Participante 6 obtuvo el peor. Con respecto a los escenarios, se mantuvo la misma tendencia que en el pretest, el Escenario 1 fue el que obtuvo el mejor desempeño, mientras que el Escenario 6 el peor.



Fig. 6. Resultados de la interacción.

En la etapa del postest, como se puede visualizar en la figura 7, la mayoría de los participantes obtuvo respuestas de “avanzado” y “adecuado” para un total de 20 respuestas avanzadas, 10 adecuadas, tres en desarrollo y tres inadecuadas. El Escenario 1 tuvo cinco de seis avanzadas, siendo el de mejor desempeño junto con el Escenario 4 que obtuvo los mismos resultados. En lo que respecta a los participantes, se tiene que el Participante 5 logró obtener todas sus respuestas en la categoría de “avanzado”, lo que lo convierte en el de mejor desempeño. El Escenario 6 tuvo una mejora considerable; sin embargo, siguió siendo el de peor desempeño.



Fig. 7. Resultados del postest.

Los errores detectados en las respuestas corresponden a un uso incorrecto de analogías o de intercambiar conceptos. Por ejemplo, una de las definiciones dada para masa (Escenario 2) fue: “Como el peso por así decirlo, digamos está el volumen que es como la cantidad de espacio que ocupa, pero la masa sería como la materia que contiene dentro”. Pese a que la afirmación es correcta, el concepto de peso se sale del tema. Un ejemplo de analogía encontrada fue: “La masa de un objeto es como la influencia que tiene la gravedad sobre este objeto, entonces, es como nosotros llamamos como el peso, como la masa o el espacio que lleva”, lo cual demuestra otra aplicación errónea del concepto de peso.

Por otro lado, relacionaron incorrectamente masa con densidad. Por ejemplo, el Participante 2 dijo: “La masa está relacionada a la densidad del cuerpo, entre más masa más denso”. Como adjetivo, utilizaron para describir la densidad la palabra compacto, lo cual significa que se tiene una estructura apretada y poco porosa, esto depende muchísimo del tipo de sustancia del que se esté hablando.

Discusión

Con respecto a los resultados obtenidos, se analizó el cambio de las respuestas de los participantes en las etapas del estudio: pretest, experimentación y postest. La figura 8 muestra el resumen de los resultados. Se obtiene que los participantes tienen una mejoría entre el pretest y el postest, ya que los cambios que ocurrieron fueron casi siempre positivos. Por ejemplo, ningún estudiante proporcionó en el pretest una respuesta a los escenarios mejor que en la fase de experimentación o en el postest. Sin embargo, el Participante 6 proporcionó, a través de todo el estudio, respuestas fragmentadas (ej., respuestas categorizadas como en desarrollo o inadecuado, ya que contienen información no correcta).

En cuanto a los escenarios, los resultados del Escenario 6 mostraron que los estudiantes tienden a confundir los términos de volumen con densidad, ya que indicaron que la densidad del agua en una botella pequeña es diferente a la densidad del agua de una botella grande. Los resultados obtenidos fueron consistentes con los resultados de Hashweh (2016) [8], el cual encontró que los estudiantes que comenzaron con una comprensión básica de algunos aspectos de la densidad ganaron más conocimiento con la intervención. Por el contrario, aquellos que iniciaron sin conocimientos básicos de densidad tienden a tener dificultades para aprender. Los problemas que los estudiantes presentaron en el estudio de Hashweh indicaron que los estudiantes confunden los conceptos de densidad, masa y volumen.



Fig. 8. Resumen de los resultados obtenidos.

1. Affordances

Para responder la pregunta de investigación: ¿cuáles son los *affordances* del objeto de aprendizaje diseñado para facilitar el aprendizaje de densidad?, se analizaron las respuestas de los estudiantes con respecto a las características del objeto de aprendizaje.

El objeto de aprendizaje utilizaba las bolinchas como las unidades de masa y los cuadrantes las unidades de volumen, la densidad de la sustancia sería la cantidad de bolinchas que hay en cada cuadrante. Este *affordance* fue percibido por la mayoría de las participantes, ya que se puede observar que hubo una tendencia a mejorar las respuestas del pretest a las fases de interacción y postest.

Sin embargo, los estudiantes mantuvieron problemas para responder el Escenario 6, lo cual indica que el objeto de aprendizaje no ayudó a que entendieran que la densidad es una propiedad intensiva.

Conclusiones, limitaciones y trabajo futuro

Se concluye que los participantes confundieron los conceptos de masa y volumen, lo que los lleva a tener un concepto erróneo de la densidad. Además, la idea de densidad que poseen llega a un nivel teórico solamente, ya que se les dificultó mucho describir el concepto más allá de su fórmula matemática.

Con respecto a los trabajos futuros, se recomienda volver a realizar el experimento en una muestra de 30 o más participantes, ya que el tamaño de la muestra del plan piloto no es

recomendable para estudios de tipo cuantitativo. Finalmente, para este estudio, se recomienda evaluar la retención de los conceptos e interacción por parte de los estudiantes. Para esto, se recomienda repetir la prueba final una semana después de la interacción con el objeto de aprendizaje.

Referencias

- [1] H. de J. Botero Quiceno, "Una revisión del concepto de densidad: la implicación de los conceptos estructurantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje," no. 17, pp. 23–32, 2010 [Online]. Available: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oiart?codigo=4040358>
- [2] A. Raviolo, M. Moscato, and A. Schnersch, "Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico," vol. 18, 2005. Available <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/8116/8992>
- [3] L. Xu and D. Clarke, "Student Difficulties in Learning Density: A Distributed Cognition Perspective," vol. 42, no. 4, pp. 769–789, 2012, doi: 10.1007/s11165-011-9232-7. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9232-7>
- [4] A. Raviolo, M. Moscato, and A. Schnersch, "Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico," vol. 18, 2005. Available <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/8116/8992>
- [5] C. Smith, J. Snir, and L. Grosslight, "Using Conceptual Models to Facilitate Conceptual Change: The Case of Weight-Density Differentiation," vol. 9, no. 3, pp. 221–283, 1992, doi: 10.1207/s1532690xci0903_3. [Online]. Available: https://doi.org/10.1207/s1532690xci0903_3
- [6] D. A. Norman, *The design of everyday things*. New York: Basic Books, 2013 [Online]. Available: http://bvbr.bib-bvb.de:8991/F?func=service&doc_library=BVB01&local_base=BVB01&doc_number=026912720&sequence=000002&line_number=0001&func_code=DB_RECORDS&service_type=MEDIA
- [7] L. Bainbridge and P. Sanderson, "Verbal protocol analysis," in *Evaluation of Human Work*, 3rd ed., vol. 7, J. R. Wilson and N. Corlett, Eds. Florida: Taylor & Francis Group, LLC, 2005, pp. 159–184.
- [8] Maher Z. Hashweh (2016) "The complexity of teaching density in middle school," in *Research in Science & Technological Education*, 34:1, 1-24, DOI: 10.1080/02635143.2015.1042854