

Investigación doctoral en Educación: Propuestas, diálogos y difusión

Juan Carlos Echeverri-Álvarez
Milton Daniel Castellanos Ascencio
Compiladores



Universidad
Pontificia
Bolivariana

© Universidad San Buenaventura
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana
Vigilada Mineducación

Investigación doctoral en Educación: Propuestas, Diálogos y Difusión

ISBN: 978-628-500-079-9

DOI: <http://doi.org/10.18566/978-628-500-079-9>

Primera edición, 2022

Escuela de Educación y Pedagogía

Gran Canciller UPB y Obispo de Medellín: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Pbro. Magíster Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector Académico: Álvaro Gómez Fernández

Coordinadora (e) Editorial: Maricela Gómez Vargas

Coordinación de Producción: Ana Milena Gómez Correa

Diagramación: María Isabel Arango Franco

Corrección de Estilo: Mateo Muñetones Rico

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2022

Correo electrónico: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 2228-23-08-22

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito, sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

26. La complejidad de aprender energía mecánica: evidencias desde un enfoque semiótico triádico¹

Edwin Mosquera Lozano
Universidad Tecnológica de Pereira
yuyu@utp.edu.co

Germán Londoño Villamil
Universidad Tecnológica de Pereira
didacticaambientalastronomia@gmail.com

Silvia García de Cajén
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
garciajecajen@gmail.com

Ignacio Julio Idoyaga
Universidad de Buenos Aires
ignacio_idoyaga@hotmail.com

¹ Capítulo de libro derivado del proyecto de doctorado "Influencias de una estrategia didáctica enfocada en registros semióticos triádicos sobre trabajo y energía para la comprensión de la energía mecánica".

Resumen

La complejidad que enfrentan los y las estudiantes en la comprensión de algunos contenidos de la física constituye un obstáculo para que logren aprendizajes profundos, como ocurre con la energía mecánica. Esta investigación del campo de la Didáctica de la física propone explicitar la trama de esa complejidad, realizando el estudio de un caso único sobre la elaboración de tareas en el tema de colisiones mecánicas, en una estudiante de la educación media (15-16 años). Se aporta una caracterización de sus niveles de aprendizaje de manera cuantitativa y cualitativa para emprender mejoras en el proceso, que se fundamenta en los enfoques de enseñanza en el tema de la energía y que dan tratamiento a las fuentes, formas, trabajo, transferencia, transformación, degradación y conservación de la energía mecánica. El estudio se focaliza en la utilización de registros semióticos desde perspectivas triádicas que permiten comprender la manera en que los estudiantes entienden los fenómenos (referentes), también en las habilidades que tienen para transferir los conocimientos matemáticos hacia la física (vehículos), y en cómo son sus procesos para interrelacionar ideas y argumentar sobre la energía mecánica (sentido). La complejidad del aprendizaje de la energía mecánica en nivel medio queda en evidencia al notar que el caso analizado muestra el uso de algunos registros semióticos en la construcción de sus tareas, pero carece de habilidades para justificar sus relaciones en la construcción de conocimiento en el tema.

Palabras clave: física, aprendizajes profundos, energía mecánica, semiótica.

Introducción

Este trabajo presenta un estudio de caso sobre la complejidad, en el sentido de Morin (Estrada García, 2020), que implica para el estudiantado de escuela media el aprendizaje profundo (AP) de la energía mecánica.

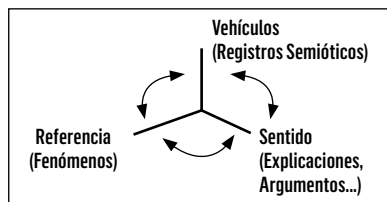
Se propone un nuevo enfoque semiótico para el aprendizaje de la física que ayuda a los estudiantes en el desarrollo de habilidades para transferir los conocimientos matemáticos en la comprensión profunda de los fenómenos de la energía mecánica en la física. Si bien existen investigaciones que abordan componentes aislados de los aprendizajes profundos, tal es el caso de los enfoques sobre la resolución de problemas, es notable la ausencia de estudios

con esta perspectiva a nivel de escuela media. Esto acentúa el interés por generar conocimiento para comprender las interacciones entre los enfoques semióticos triádicos y las perspectivas amplias en los aprendizajes profundos de la energía mecánica en estudiantes de la escuela media (15-16 años).

Los fundamentos teóricos para esta investigación se apoyan en los enfoques amplios de enseñanza de los fenómenos físicos (Solbes y Tarín; 1998, Tarín 2000; Gray *et al.*, 2019 y Medina, 2019); se abordaron, en relación con la energía mecánica, las categorías fuentes, formas, trabajo, transferencia, transformación, degradación y conservación de la energía mecánica; asimismo, respecto a las posibilidades de diseñar estrategias didácticas que ayuden a los estudiantes a transferir sus conocimientos matemáticos hacia la comprensión de la física (Duval, 2017; Sparvoli, 2015), se consideraron las perspectivas inferencialistas del signo para configurar los registros semióticos triádicos (RST) (Castañares, 2002; Duval, 2017); finalmente, se atendió la necesidad de implementar procesos de alfabetización en registros semióticos según Pizarro M (2014) e Idoyaga (2020).

Los RST se componen de un referente que permite acercar la comprensión de los estudiantes respecto los objetos o fenómenos que estudian, un vehículo que se encarga de ayudar a los estudiantes en el desarrollo de habilidades para transferir los conocimientos matemáticos hacia la comprensión de la física y, además, permite vincular los tres componentes en la construcción de conocimiento (Figura 1). Algunos avances en la aplicación de los RST en la didáctica de la cinemática se pueden observar en el trabajo de Mosquera L. y Londoño V. (2021).

Figura 1. Registros semióticos triádicos



Fuente: elaboración propia.

Se tomaron los aportes de Jewett (2008b) sobre los enfoques de sistemas para analizar el aprendizaje de trabajo y energía y los diagramas de seguimiento de energía propuestos por Scherr *et al.* (2016) que permiten profundizar los componentes de los enfoques amplios en la energía mecánica usando diagramas. Esta perspectiva explicita la complejidad de la red de interacciones que participan en el aprendizaje de un contenido tan central de la física, como es la energía mecánica. También hacen parte de este marco, los aportes de Sweller *et al.* (2011) y Tamayo (2014) sobre los AP, las contribuciones sobre la argumentación desde la perspectiva de Toulmin para comprender la energía (García de Cajén *et al.*, 2001) y los modelos para su implementación en el aula (Ruiz *et al.*, 2015).

Este trabajo persigue el objetivo de comunicar la trama compleja y las dificultades presentes para el estudiantado de nivel medio el aprendizaje profundo de la energía mecánica y que se pone en evidencia al aplicar una perspectiva semiótica triádica.

Metodología

Las participantes en esta investigación fueron 64 estudiantes de los grados undécimo A y undécimo B, de la Institución Educativa Cristo Rey del municipio de Dosquebradas, Risaralda; quienes participaron de la investigación durante los años 2020 y 2021. La actividad realizada formó parte del normal funcionamiento del curso y los datos de filiación de las estudiantes se codificaron y trataron de manera confidencial. La unidad de análisis la constituyó el aprendizaje profundo de la energía mecánica a partir de los registros semióticos triádicos de trabajo y energía en una estudiante o caso único. El análisis que se presenta es de dos tareas (T1 y T2). La T1 consistió en la elaboración de una presentación en PowerPoint sobre el tema de las colisiones mecánicas teniendo en cuenta el uso de distintos registros semióticos (I: Icónicos, G: Gráficos, S: Simbólicos, V: Verbales), la T2 consistió en la resolución de un problema sobre colisiones. Se analizaron 16 diapositivas de la T1 y 3 de la T2.

La transformación de la información se realiza mediante una rejilla de observación (RO) según las recomendaciones de Puhakka (2001). Desde la RO surge información que atendiendo las recomendaciones de la rúbrica SOLO (Biggs y Tang, 2007; Park y Liu, 2016) incluye los componentes del enfoque amplio y el uso de los registros semióticos. El análisis de los datos cuantitativos se realizó con SPSS o InfoStat, mientras que los datos cualitativos se procesaron utilizando ATLAS.ti.

La codificación de la RO inicia con algunas observaciones que se realizan a los componentes de cada tarea (diapositivas). En seguida, se continuó con los niveles de aprendizaje que se tienen en cuenta cuando el estudiante presenta en sus tareas registros semióticos con escasa coherencia respecto a la comprensión de la energía mecánica (Pre-estructural N0); asimismo, cuando el estudiante demuestra en sus tareas uno o varios registros semióticos coherentes respecto a la comprensión de la energía mecánica pero con escasa justificación frente a un concepto determinado (Uni-estructural N1); por otra parte se presenta una codificación cuando el estudiante ilustra en sus tareas uno o varios registros semióticos coherentes frente a la comprensión de la energía mecánica, justifica algunos de los usos de conceptos determinados pero sin respaldarlos en principios y teorías (Multi-estructural N2); al mismo tiempo, se incluye la codificación cuando el estudiante presenta en sus tareas uno o varios registros semióticos coherentes con la comprensión de la energía mecánica, justifica algunos de sus usos respecto de un concepto determinado y además, respalda sus argumentos en principios y teorías (Relacional N3).

También se tienen en cuenta las fuentes de energía mecánica relacionadas con el movimiento o velocidad de forma explícita V-E y de forma implícita V-I; la altura de forma explícita H-E y de forma implícita H-I; la deformación de forma explícita X-E y de forma implícita X-I; las formas de la energía mecánica tales como la energía cinética E_c , la energía potencial gravitacional E_{pg} y la Energía potencial elástica E_{px} .

Por otra parte, se integran los componentes amplios como el trabajo mecánico (T), la transferencia (TA), la transformación (TN), la degradación (D) y la conservación (C).

Con relación a los registros semióticos observados se codificaron los icónicos (I), gráficos (G) y simbólicos (S). Con respecto a los registros verbales se incorpora el análisis para conocer si el texto no se relaciona con los registros (TNR), si el texto describe los registros (TDR), si el texto explica los registros (TER) y si el texto argumenta sobre los registros (TAR); se analizó si la voz no se relaciona con los registros (VNR), si la voz describe los registros (VDR), si la voz explica los registros (VER) y si la voz argumenta sobre los registros (VAR).

Los resultados de esta metodología se compartieron en el Congreso Internacional de Semilleros de Investigación-Educación-Tecnología CISIET 2021, organizado por la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia) y la Universidad de Antofagasta (Chile).

Resultados

A continuación, se muestran los resultados del análisis de las tareas T1 y T2. En la Figura 2 se describen las fuentes (a), formas (b), componentes amplios (c), los registros icónicos, gráficos y simbólicos (d) sobre la energía mecánica en las construcciones de la estudiante. Mientras en la figura 3 se exponen los resultados sobre las relaciones que se observan entre los textos y los otros registros (a), y entre la voz y los otros registros (b), asimismo, los niveles de aprendizajes promedios (c). (Ver Figuras 2 y 3)

Según los resultados que se ilustran en la Figura 2, la estudiante logra visualizar en mayor proporción fuentes de energía mecánica asociadas al movimiento, así como mayores tendencias a identificar procesos de transformación y conservación, y en menor proporción los procesos de transferencia y degradación. Con relación al uso de los registros semióticos, se observa una menor tendencia hacia los registros gráficos (diagramas de cuerpo libre, sistemas cartesianos ortogonales, tablas).

De acuerdo con los resultados que se ilustran en la Figura 3, se visualizan mayores relaciones de tipo descriptivo entre los textos, la voz y los otros registros. En algunos momentos, la estudiante intenta explicar con su voz algunos registros. En síntesis, la estudiante se ubica en un nivel de

Figura 2. Fuentes, formas, componentes amplios y registros semióticos

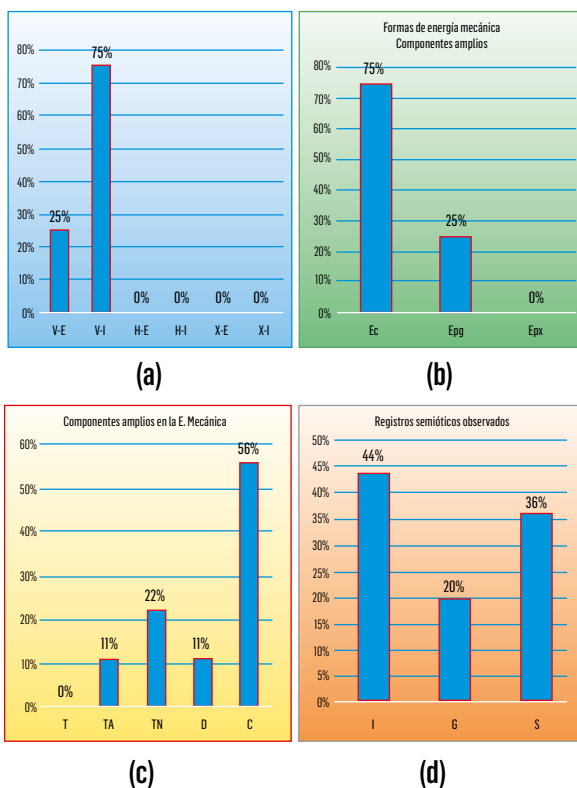
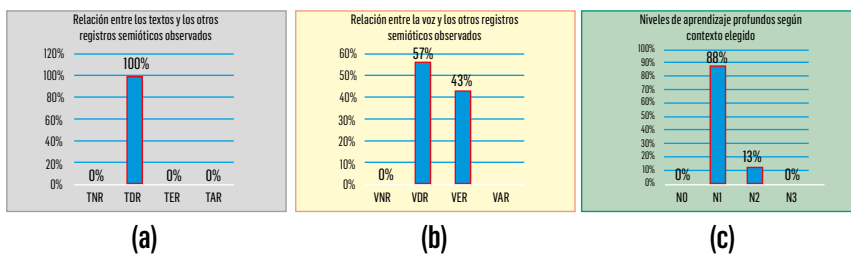


Figura 3. Relaciones entre textos y voz y los otros registros.
Niveles de aprendizajes promedios



aprendizaje uni-estructural, quiere decir, presenta en sus tareas (T1 y T2) uno o varios registros semióticos coherentes frente a la comprensión de la energía mecánica, pero sin justificar su uso en un concepto determinado. De lo cual resulta la complejidad que implica el aprendizaje de la energía mecánica en nivel medio, siendo este un contenido curricular central.

En resumen, se evidencia que la estudiante presenta dificultades para explicar el principio de conservación del momento lineal. Confunde conservación de la cantidad de movimiento con conservación de la velocidad. Desconoce el origen del coeficiente $(1/2)$ en la ecuación de la energía cinética y trata de justificarlo como un efecto del choque de un cuerpo sobre el otro. Habla de velocidad cinética confundiendo energía con velocidad y de amplificación de las masas como sinónimo de deformación, o bien, relaciona la inflación o expansión de esta. Aparece la idea intuitiva de degradación como una pérdida de energía. Se observan dificultades para identificar correctamente la ecuación de conservación de la energía cinética, además, para explicar registros simbólicos (ecuaciones).

Discusión y conclusiones

Los resultados del análisis que se muestran sobre las tareas de la estudiante reflejan que tiene algunas falencias para transferir conceptos de las matemáticas hacia la comprensión de la energía mecánica. El uso de RST en perspectivas amplias permite cualificar y cuantificar los niveles de aprendizaje para que el maestro emprenda planes de mejoramiento en los procesos didácticos. Por ejemplo, la estudiante muestra menor tendencia en el uso de registros gráficos. Estos resultados coinciden con las investigaciones de Sparvoli (2015) y Medina (2019), así pues, dos posibles actividades de mejoramiento deben apuntar hacia la comprensión de las gráficas cartesianas sobre proporcionalidad entre variables, y otra con dirección a los diagramas de cuerpo libre.

En conclusión, el uso de enfoques semióticos triádicos y las perspectivas amplias permiten analizar los niveles de profundidad en los aprendizajes sobre la energía mecánica en el estudiantado a partir de sus producciones

en el aula y evidenciar la complejidad que reviste el aprendizaje de la energía mecánica en los niveles de la educación media. La metodología que se aplica pone de manifiesto qué tanto aprenden sobre estos conceptos centrales de la física y, además, permite relacionar los usos de los distintos registros semióticos sobre trabajo y energía en sus procesos de construcción de conocimientos sobre el fenómeno. Alcanzar evidencia sobre el qué y el cómo se aprende la energía mecánica recrea un conocimiento clave que aporta al campo de la investigación de la enseñanza de la física, refiere la importancia didáctica que reviste la aplicación de estas perspectivas, que son transferibles a otros temas de Física o áreas de las ciencias.

Referencias

- Biggs, J. & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university*. McGraw Hill.
- Castañares, W. (2002). Sign and representation in semiotic theories. *Estudios de Psicología*, 23(3), 339-357.
- Duval, R. (2017). Understanding the mathematical way of thinking - The registers of semiotic representations. En *Understanding the Mathematical Way of Thinking - The Registers of Semiotic Representations*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56910-9>
- Estrada García, A. (2020). Los principios de la complejidad y su aporte al proceso de enseñanza. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 28, 1012-1032.
- García de Cajén, S., Domínguez Castiñeiras, J. M. y García-Rodeja Fernández, E. (2001). Argumentación a partir de un problema auténtico sobre la transformación de la energía eléctrica en una resistencia. *Adaxe*, 17, 165-190.
- Gray, K. E., Wittmann, M. C., Vokos, S. & Scherr, R. E. (2019). Drawings of energy: Evidence of the Next Generation Science Standards model of energy in diagrams. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 10129.
- Idoyaga, I. (2020). Representaciones visuales en la educación en física: Desafíos para la alfabetización de la mente digital. En *V Encuentro Internacional de Matemáticas y Física: 10º Congreso Nacional de Enseñanza de la física y la Astronomía*.
- Jewett, J. W. (2008). Energy and the confused student II: Systems. *The Physics Teacher*, 46(2), 81-86.

- Medina, N. (2019). “El gran motor de agua ”: Diseño e implementación de una secuencia de enseñanza y aprendizaje sobre la conservación de la energía mecánica contextualizada en el ciclo del agua bajo un enfoque CTSA. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias: REINEC*, 3(1), 26-53.
- Mosquera Lozano, E. y Londoño Villamil, G. (2021). Los registros semióticos triádicos (RST) en contextos argumentativos para la comprensión de la cinemática en estudiantes de la media (15-16 años): Análisis de casos múltiples. *Revista Miradas*, 16(1), 31-45.
- Park, M. & Liu, X. (2016). Assessing understanding of the energy concept in different science disciplines. *Science Education*, 100(3), 483-516.
- Pizarro Miranda, D. A. (2014). *Identificación de los factores que impiden la relación entre el objeto presentado en clases de ciencias naturales y las representaciones externas en el grado decimo de la ieta fernandez guerra* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Puhakka, K. (2001). La teoría de los constructos personales de George Kelly y la psicología cognoscitiva. *Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 34(1), 21-27.
- Ruiz Ortega, F. J., Tamayo Alzate, O. E. y Márquez Bargalló, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias: Un modelo para su enseñanza. *Educacao e pesquisa*, 41, 629-646.
- Scherr, R. E., Harrer, B. W., Close, H. G., Daane, A. R., DeWater, L. S., Robertson, A. D., Seeley, L. & Vokos, S. (2016). Energy tracking diagrams. *The Physics Teacher*, 54(2), 96-102.
- Solbes Matarredona, J. y Tarín, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 16(3), 387-398.
- Sparvoli, V. (2015). Representaciones multimodales en cursos de física básica. *Revista de Enseñanza de la física*, 27(2), 269-278.
- Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). Measuring cognitive load. En J. Sweller, P. Ayres & S. Kalyuga (eds.), *Cognitive load theory* (pp. 71-85). Springer.
- Tamayo, O. E. (2014). Aprendizaje en profundidad. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 10(2), 7-10.
- Tarín Martínez, F. (2000). *El principio de conservación de la energía y sus implicaciones didácticas* [tesis de doctorado, Universidad de Valencia].