

El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación –TIC- en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física

Los simuladores: estrategia didáctica en la inclusión de los conceptos matemáticos en la Física

The simulators: didactic strategy in the inclusion of mathematical concepts in Physics

Os simuladores: estratégia didática na inclusão de conceitos matemáticos em Física

Juan Luis Arenas Bedoya¹
John Alexander Giraldo²

Resumen

Este artículo, pretende acercar al lector a las consideraciones, tareas emprendidas y conclusiones, de diferentes investigaciones que coinciden en el propósito de cómo lograr la inclusión de las matemáticas en la física. Se muestra el pensamiento de los investigadores con relación al porqué se presenta tal dicotomía, se abordan los planteamientos a nivel de la epistemología, la abstracción matemática, el rol de la escuela, las estrategias didácticas mediadas por la modelación y el uso de simuladores como parte de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Para comprender mejor la literatura revisada, se divide el texto en tres momentos, en primer lugar las apreciaciones y falencias determinadas en el aprendizaje, seguido por las acciones emprendidas por los investigadores y finalmente las conclusiones y sugerencias de los investigadores.

Palabras clave: Estrategias didácticas, integración conceptos matemáticos y físicos, Lenguaje matemático, Modelación, *Modellus*, simulación.

Abstract:

This article, aims to bring the reader to the considerations, tasks undertaken and conclusions, of different research that coincide in the purpose of how to achieve the inclusion of mathematics in physics. It shows the thinking of researchers in relation to why such a dichotomy is presented; approaches are addressed at the level of epistemology, mathematical abstraction, the role of school, didactic strategies mediated by modeling and the use of simulators

¹ Universidad del Valle. Cali, Colombia. Contacto: juanluisjlj@gmail.com

² Universidad del Valle. Cali, Colombia. Contacto: jagchavarriga@gmail.com

as part of Information and Communication Technologies (ICT). To better understand the literature reviewed, the text is divided into three moments, first the appraisals and failures determined in the learning, followed by the actions undertaken by the researchers and finally the conclusions and suggestions of the researchers.

Keywords: Didactic strategies, integration of mathematical a physical concept, mathematical language, modeling, *Modellus*, simulation.

Resumo

Este artigo tem como objetivo levar o leitor às considerações, tarefas empreendidas e conclusões, de diferentes pesquisas que coincidem no propósito de como alcançar a inclusão da matemática na física. Mostra o pensamento dos pesquisadores em relação a por que tal dicotomia é apresentada; as abordagens são abordadas no nível da epistemologia, abstração matemática, o papel da escola, estratégias didáticas mediadas pela modelagem e o uso de simuladores como parte das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Para melhor compreender a literatura revisada, o texto é dividido em três momentos, primeiro as avaliações e falhas determinadas na aprendizagem, seguidas das ações realizadas pelos pesquisadores e, finalmente, as conclusões e sugestões dos pesquisadores.

Palavras-chave: Estratégias didáticas, Integração de conceitos matemáticos e físicos, Linguagem matemática, Modelagem, *Modellus*, Simulação.

MARCO CONCEPTUAL

Consideraciones y cuestionamientos generales

La reflexión acerca del por qué existe desarticulación entre los conceptos matemáticos y físicos, ha generado investigaciones, planteamientos y propuestas que aportan en el quehacer pedagógico en distintos contextos y presupuestos. Reflexiones que algunos investigadores centraron en una temática específica, mientras otros lo abordan a nivel general. Es así, como Romero y Rodríguez (2003), proponen dos formas posibles como se dan las relaciones entre la física y las matemáticas, una de ellas es la indagación histórico-epistemológica de la física con fines pedagógicos y la otra es la modelación en física.

Por su parte Dorman y Gravemeijer (2008), plantean que hay un problema en la didáctica, debido a que los estudiantes presentan dificultad para hacer conexiones entre las representaciones, el movimiento de objetos reales y los conceptos matemáticos.

Complementa, Becerra (2015), los estudiantes no alcanzan la comprensión esperada, es escasa la claridad en los conceptos, la interpretación de gráficos y la transferencia del conocimiento científico a situaciones concretas en los procesos de la termodinámica.

Las experiencias de modelación e inclusión de los conceptos matemáticos en los físicos, han llevado a cuestionar qué tan probable es hacer física sin las matemáticas, o si el rol de estas es fundamental en la construcción de conocimiento científico. Al respecto existen apreciaciones como las de Marc y Leblond (2011), ellos afirman que la física utiliza con éxito las matemáticas; sin embargo, ¿cómo puede ser que las matemáticas, consideradas en general como estudio de abstracciones puras, “funcionen” en física, si es considerada como la ciencia de lo concreto por excelencia? En ese mismo sentido, Redish y Kuo (2015), aducen que a pesar de muchas investigaciones acerca del aprendizaje de las matemáticas y la física, persiste el problema de cómo hacer efectiva la inclusión de las matemáticas en la física para que lleguen a la mayoría de estudiantes. Consideraciones similares son presentadas por Hansson, *et al.* (2015), en la discusión acerca de las pruebas de Estudio de las Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS sigla en inglés), en las cuales los bajos resultados de estudiantes suecos en física se atribuyen a la disminución de los conocimientos matemáticos, afectando los procesos de enseñanza, convirtiéndose en un gran problema para los docentes, debido a que esta situación permea posteriormente a la educación superior.

Con relación a la abstracción matemática y al ¿Por qué? de las ecuaciones en la física, se encuentran posiciones como la de (Karam, 2015) quien dice, pareciera que a menudo, los estudiantes consideran las ecuaciones de física como herramientas de cálculo en las cuales los números son "enchufados " y las respuestas son “resopladas”. No distan de la afirmación anterior, Tan *et al.* (2017) al coincidir en el cuestionamiento del por qué los estudiantes universitarios son capaces de resolver situaciones en la clase de matemáticas, pero al plantearles situaciones similares en la clase de física no pueden hacerlo.

Algunas acciones emprendidas en pro de la inclusión de las matemáticas en la física

Se evidencia en los referentes mencionados, que sin importar el contexto geográfico, persisten inquietudes que apuntan a cómo hacer efectiva la inclusión de las matemáticas en la física. El paso a seguir de los autores fue investigar y aplicar estrategias que posibiliten

superar en cierta medida las falencias determinadas, sin desconocer el rol importante del docente como mediador entre el conocimiento y las estrategias didácticas. En ese orden de ideas, es necesario precisar que las acciones didácticas emprendidas fueron diversas; sin embargo, este escrito centra la atención en el uso de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación *TIC*, como recurso mediador, por lo tanto, se enfoca en la *simulación computacional* o reproducción virtual del funcionamiento de un sistema real en un determinado tiempo y el empleo de *simuladores*.

En el afán de superar en los alumnos la dificultad para relacionar y aplicar los procesos termodinámicos, Becerra (2005), trabajó con 41 alumnos de un colegio de Bogotá en dos grupos, uno de control y otro piloto. En el primero realizó lectura, laboratorio y resolvió problemas; mientras que en el segundo trabajó en parejas para diseñar *Modellus*. Así mismo, Neves, Neves y Duarte (2008), aplicaron una estrategia de solución a través de actividades de aprendizaje interactivas que incluyan experiencias de modelado computacional, exploratorias y expresivas, por medio del ambiente *Modellus*, que permite ser utilizado en todos los niveles. En posterior investigación Neves y Duarte (2013) hicieron aplicaciones en Mecánica Clásica, en diferentes programas académicos del primer ciclo superior.

Por su parte, Dorman y Gravemeijer (2008) enfocaron su trabajo en una instrucción en secuencia como apoyo al aprendizaje en principios básicos de velocidad y cambio de velocidad en estudiantes de grado décimo. El diseño central de la secuencia instruccional fue el modelado emergente para cálculo y cinemática, crearon un entorno educativo con ayuda de modelos emergentes y un diseño heurístico para tres grupos de décimo e investigaron qué pasaba con la secuencia. Así, con la perspectiva del diseño instructivo basado en la realidad de la educación matemática, guiaron las decisiones en el aprendizaje y analizaron el rol del docente y la computadora como herramientas en los procesos de la enseñanza-aprendizaje. Otra experiencia investigativa es la de Oliveira y Neide (2017), por medio del software *Modellus* abordan la enseñanza de funciones trigonométricas en asocio con el Movimiento Armónico Simple con estudiantes de tercer año de enseñanza media.

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

En los dos momentos anteriores se evidenció que los investigadores coinciden en las falencias de los estudiantes para relacionar, incluir o articular los conceptos matemáticos en el proceso de aprendizaje de la física. En este tercer momento y, de acuerdo a los cuestionamientos que movieron a cada autor a la aplicación de acciones en pro de la superación de las falencias determinadas en su práctica de aula, se sintetizan las conclusiones, sugerencias y apreciaciones de su experiencia, en primera instancia a nivel epistemológico y abstracción matemática y posteriormente se recogen los testimonios de quienes centraron su estrategia didáctica en el uso de *simuladores (Modellus)*.

Construcción del conocimiento a partir del punto de vista epistemológico y la abstracción matemática

Los análisis histórico-epistemológicos de la física, aseguran Romero y Rodríguez (2003), han aportado en la superación de la confrontación de naturaleza-hombre y experiencia-teoría, dada por las formas tradicionales con que se asuma la relación matemáticas- física. Basan su afirmación con referencia a Paty (1994), quien asegura que no hay una sola manera de concebir dicha relación ya que la adecuación no es universal ni ahistórica, depende de las estructuras de los sistemas matemáticos, de los conceptos y las magnitudes físicas consideradas y de otra parte, contribuyen a constituir un marco conceptual adecuado. Esta afirmación es ratificada por Malagón (1998) cuando expresa, matematizar un fenómeno físico no consiste en sobreponer un aparato matemático al fenómeno; se requiere, ante todo, construir la posibilidad misma de matematizarlo, es decir, construir las magnitudes, relaciones y procedimientos apropiados para representarlo y cuantificarlo.

En ese mismo sentido, complementan la afirmación anterior, Marc y Leblond (2011) al asegurar que, científicos y filósofos concluyen en su gran mayoría que las matemáticas son el lenguaje de la física y es notorio que ninguna de las construcciones abstractas que la matemática realiza con necesidad de perfección lógica y generalizante, haya de permanecer sin utilidad para el físico. Este pensamiento está relacionado con Freudenthal (1991) quien insiste en que la comprensión final de los estudiantes de matemáticas debe mantenerse conectada con la interpretación de los fenómenos experiencialmente reales de la vida cotidiana. A su vez, Doorman y Gravemeijer (2008) muestran que al entender cómo se

organizó el cálculo y la cinemática históricamente, aportaría a evitar que los estudiantes adquieran un uso instrumental de símbolos matemáticos sin entender la representación de los conceptos. En concordancia con lo anterior, Tan, *et al.* (2017) aseguran que estas áreas se han trabajado como sujetos individuales, por tal razón, algunos estudiantes ven las matemáticas como meras fórmulas sin aplicación, lo que provoca que pierdan interés, además suelen tener la capacidad de resolver la porción de matemáticas durante su lección, pero las olvidan durante la clase de Física.

De otra parte en relación con la práctica educativa, Due y Kuo (2009), Karam, (2014), Hansson, *et al.* (2015) coinciden en que se presenta cierta confusión en los docentes al creer que los estudiantes que son capaces de resolver problemas estándar de física tienen buena comprensión de los conceptos y modelos; pero no siempre es así, debido a que ellos tienden a buscar una fórmula ajustada a los datos del problema y acomodarlos a las ecuaciones, pero al tratar de explicar la realidad y los modelos, presentan dificultad.

Conclusiones con relación al rol de la escuela y las estrategias TIC

Tal vez, este aparte, sea de gran utilidad para los docentes inquietos en buscar alternativas en mejora de la enseñanza, debido a que recoge los juicios basados en la experiencia didáctica empleada y los plantean a través de diferentes perspectivas. En relación con la pedagogía, “se busca comprender el rol social de la escuela y su función respecto del vínculo social” (Ardiles, 2009, p. 218), proceso en el cual, el docente es el principal mediador, a él le corresponde encontrar mecanismos que mejoren el proceso de enseñanza, aunque el centro del proceso es el estudiante, no debe olvidarse la rica experiencia de los docentes, que les permite elegir la didáctica que considere le apoyará en el aula.

En ese orden de ideas, Marc y Leblond (2011) y Freudenthal (1991), concluyen que las matemáticas son inherentes a los modelos teóricos de la física y a los fenómenos naturales por la predicción que hace de ellos, debido a que, usar modelos y matemáticas se convierte en el eje de la física. Por tal razón, las debilidades matemáticas se ven como un obstáculo para el aprendizaje de la física. Invitan a fortalecer las relaciones entre los conceptos matemáticos y físicos desde secundaria con proyección a la educación superior. En tal sentido, cobran mayor importancia con las aseveraciones de Hansson, *et al* (2015), al decir que, si el papel de las matemáticas es “técnico”, las matemáticas se consideran como mera

herramienta de cálculo; en cambio si su papel es “estructural” pasan a ser “instrumento de razonamiento”, que conllevan a que la instrucción sea de interpretaciones físicas o consecuencias.

En cuanto al uso de plataformas interactivas, éstas propician algunas condiciones que mejoran la apropiación de conceptos tanto matemáticos como físicos. Al respecto, Brown (citado por Becerra 2005) indica que, aunque una simulación no es un sustituto de la vida real, puede ofrecer alternativas para la preparación en el campo de la experiencia; además, es reversible y permite el control de variables. En el mismo sentido, Chaves (2007) asegura, la tecnología sirve como ayuda pedagógica en diversas modalidades de la enseñanza, presencial, a distancia y de autoaprendizaje. Afirmación compartida por Brusquetti (2011), quien, frente al uso de *los simuladores*, asegura que permiten al estudiante aprender de manera práctica por medio del descubrimiento y situaciones hipotéticas, contribuyen a desarrollar la destreza mental a través de su uso; pueden usarse individual o colectivamente favoreciendo la discusión del tema. Un *simulador* hace que se pueda experimentar situaciones prospectivas como si se tuviese un laboratorio y un guía que te orienta los pasos a seguir.

De otra parte, al retomar el trabajo en procesos termodinámicos de Becerra (2005), él concluye que, *Modellus* permite mostrar simultáneamente las ecuaciones, las gráficas y la simulación virtual de un evento físico, los estudiantes entrevistados coincidieron en que, gracias a *Modellus* les ayuda a comprender mejor el tema. Los trabajos finales de los integrantes del grupo experimental resultaron interesantes y variados, se favorece el aprendizaje con la socialización. Con relación a la efectividad en la colaboración del aprendizaje de otros aspectos de la física, Becerra (2005) decide utilizar estas estrategias, y los resultados le estimulan a explorar con más profundidad y amplitud los beneficios tanto de los recursos informáticos como de su colaboración en el proceso educativo. Sugiere intensificar su uso ya que puede ser de más efectividad en el aprendizaje de los alumnos. También invita a investigar acerca de sus efectos y de las mejores formas de ponerlos en acción, lo cual ayudará a enfrentar dificultades que puedan aparecer al llevarlos al aula.

En cuanto a la experiencia de Dorman y Gravemeijer (2008), bajo la dinámica del debate y la argumentación, destacan como logros: en el proceso de aprendizaje en el aula desde el

razonamiento situacional hasta el general se aprecia la descripción de tres fases conocidas como etapas de Goldin, “una etapa inventiva y semiótica” otra de “desarrollo estructural y establecimiento de relaciones” y una etapa de “comunidad autónoma”. Lograron un proceso más flexible con el docente como orientador, el lenguaje se desarrolló progresivamente de lo situacional a lo general, los estudiantes hacen invenciones, modelan y reinventan su actividad matemática. Proporcionó una idea de las posibilidades de integración de las matemáticas y la física. En el mismo sentido, Neves, Neves y Duarte (2008) afirman además que, a diferencia de la metodología tradicional que induce aprendizajes pasivos al acumular en el estudiante conocimientos fragmentados de hechos o reglas, las metodologías interactivas ayudan a promover el carácter investigativo y a resolver los conflictos cognitivos que se generan por creencias o ideas científico matemáticas incorrectas. Los estudiantes reaccionaron positivamente a las actividades de modelo computacional interactivo.

Por lo anterior, Neves *et al.* (2008), recomiendan continuar investigando para mejorar el equilibrio cognitivo entre los conocimientos teóricos, experimentales y computacionales, ampliar el ámbito temático de las acciones, tanto en recursos como en aplicación con estudiantes y profesores. Neves y Duarte (2013), señalan que la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas implican procesos de investigación basados en acciones *de modelado* que logran equilibrar elementos de la teoría, de la experiencia y la computación. Debido a que en la mayoría de cursos, a pesar de estar equilibrados con relación a lo cognitivo, la realidad de integrar los temas es lejana en cualquiera de los niveles académicos. Y complementan, en el caso del simulador *Modellus*, no sólo favorecería analizar cómo está aprendiendo el estudiante, sino que además facilitaría la integración de modelos teóricos, de experimentación y de la vida real, equilibra partes de la teoría, la computación científica y la experimentación, ofrece una posibilidad de poder navegar entre los fenómenos y los modelos matemáticos. Su Implementación correcta sería un paso adelante en el propósito de percibir la manera en la que los estudiantes razonan, justifican y le dan manejo al tratamiento matemático. La razón más importante es que ayudaría a distinguir el rol de las matemáticas en la enseñanza de la física.

En tanto, Oliveira y Neide (2017), se refieren así a los softwares de modelado computacional, permiten la demostración de fenómenos naturales, ayudan a una aproximación a la realidad vivenciada por el alumno, *Modellus* es uno de los más poderosos, es gratuito, no necesita conexión a internet, no es necesario conocer lenguajes de programación, sus herramientas proporcionan a alumnos la construcción de modelos matemáticos para la resolución de cálculos y la construcción de gráficos que permiten una exploración más dinámica e interactiva. No obstante las motivaciones que generan el uso de las tecnologías, también hacen énfasis en que, muchas veces la utilización de estos recursos no significa avance en la práctica pedagógica, es necesario organizar las disciplinas, los espacios de las escuelas para obtener una enseñanza que instigue a los estudiantes en el desarrollo de su aprendizaje, "promoviendo" la integración de los conocimientos de todas las áreas en articulación con las dimensiones del trabajo, la cultura, la ciencia y la tecnología.

Finalmente aseguran que las actividades pedagógicas realizadas fueron potencialmente relevantes, dieron como indicio nuevos conceptos de funciones trigonométricas integrados al Movimiento Armónico Simple, reconocen que la ayuda de un software como *Modellus* está en que proporciona una mayor comprensión y facilita el desarrollo de las actividades complejas. Un entorno de aprendizaje informático desafía la creatividad en la construcción y experimentación de hipótesis y no se ve las matemáticas y la física como ciencias acabadas. Existen varias formas de integrar y conectar en los procesos de enseñanza y aprendizaje, y el entorno debe ser la base para construir el vínculo entre las disciplinas, docentes y estudiantes.

REFERENCIAS

- Ardiles, M. (2009). Formación docente, el otro y las huellas para anticipar la enseñanza y el aprendizaje. Dialogando con Zambrano. *Revista venezolana de Educación-Educere*, 13(45), 305-310.
- Becerra G. F. (2005). Aprendizaje en colaboración Mediado por simulación en Computador. Efectos en el Aprendizaje de Procesos Termodinámicos. *Revista de Estudios Sociales*, 20,13-26.

- Brusquetti, C. (2011). *Los simuladores educativos y su función como herramienta de aprendizaje*. Obtenido de <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/los-simuladores-educativos-y-su-funcion-como-herramienta-de-aprendizaje-287876.html>
- Dorman, L. y Gravemeijer, K. P. E. (2009). Emergent modeling: Discrete graphs to support the understanding of change velocity. *International Journal on Mathematics Education*. 41(1-2), 199-211. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-008-0130-z>
- Due, K. (2009). *P Fysik, lärande samtal och genus En studie av gymnasieelevers gruppdiskussioner i fysik*. (Doctoral dissertation, Institutionen för fysik). Obtenido de <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:207394/FULLTEXT01.pdf>
- Freudenthal, H. (2006). *Revisiting mathematics education: China lectures* (Vol. 9). Springer Science & Business Media. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston. London. Obtenido de <https://p4mriunismuh.files.wordpress.com/2010/08/revisiting-mathematics-education.pdf>
- Hansson, L., Hansson, O., Juter, K. y Redfors, A. (2015). Reality-Theoretical Models-Mathematics: A Ternary Perspective on Physics Lessons in Upper- Secondary School. *Science & Education*, 24(5-6), 615-644. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9750-1>
- Karam, R. (2015). Framing the structural role of mathematics in physics lectures: A case study on electromagnetism. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 10(1), 010119. 23. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.010119>
- Malagón, J. F. (1988). *La relación física y matemáticas en Galileo*. Tesis de Maestría en Docencia de la Física, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Marc, J. y Leblond, L. (2011). *La Física en preguntas I: Mecánica*. Alianza Editorial. Madrid, España.

- Neves, R. G., y Teodoro, V. D. (2013). Modelação computacional, ambientes interactivos eo ensino da Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática. *Revista Lusófona de Educação*, 25, 35-58.
- Oliveira Pastana, C. N. (2017). *La integración de la enseñanza de las funciones trigonométricas y el movimiento armónico simple a través del software Modellus*. Universidad de Amapá Consejo Estatal de Silvicultura.
- Paty, M. (1994). *Le caractère historique de l'adéquation des mathématiques á la physique*. Comunidad de Madrid/C.S.I.C., Madrid., p. 401-428. Obtenido de <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00167193>
- Redish, E. F., y Kuo, E. (2015). Language of physics, language of math: disciplinary cultur and dynamic epistemology. *Science & Education*, 24 (5-6), 561-590. Obtenido de <https://arxiv.org/pdf/1409.6272>
- Romero, Á. E. y Rodríguez, L.D. (2003). Formalización de los conceptos físicos. El caso de la velocidad instantánea. *Revista Educación y Pedagogía*, XV(35), 57-67. Obtenido de <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaeyp/article/viewFile/5943/5353>
- Tan, U. X., Zhu, Y., Lee, C. H., Toh, T. L., Sze, G. K., Tay, S., ... y Pey, K. L. (2017). Preliminary study of Integrated Physics and Mathematics Bridging Course. *Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1146-1151. Obtenido de <http://dblp.uni-trier.de/pers/hd/z/Zhu:Yajuan>