

## Modelizando la energía a distintas escalas: de colisiones cotidianas al colapso estelar

Rubén Montecinos Barros\*, Ignacia Benito, Carla Hernandez, Marcela Best

### Resumen

El trabajo corresponde a una investigación que busca promover la comprensión de la transferencia, conservación y degradación de la energía a distintas escalas mediante una secuencia didáctica basada en modelización progresiva. Se implementó a 72 estudiantes de primer año universitario de la Universidad de Santiago de Chile, quienes trabajaron en grupos desarrollando modelos sobre colisiones entre cuerpos, primero con pelotas para generar el modelo inicial, transferirlo a un modelo experimental de carritos sobre rieles, y finalmente transferirlo mediante una analogía con el colapso estelar en una supernova. La secuencia, estructurada según el modelo Instruction–Performance Modeling (IPM), permitió a los estudiantes construir, contrastar y revisar modelos físicos, matemáticos y mentales, articulando evidencia experimental y analogías. Los resultados mostraron avances significativos en la comprensión sistémica de la energía: más del 80 % de los grupos identificó correctamente intercambios energéticos, pérdidas por fuerzas no conservativas y la conservación parcial de la energía. En conclusión, la propuesta evidenció el potencial formativo de la modelización como estrategia para conectar fenómenos cotidianos y astronómicos, favoreciendo un aprendizaje profundo y coherente sobre los principios energéticos comunes que rigen procesos en múltiples escalas.

**Palabras clave:** *Educación universitaria, modelización, energía.*

## Abstract

This work corresponds to a research study aimed at promoting understanding of energy transfer, conservation, and degradation across different scales through a didactic sequence based on progressive modeling. It was implemented with 72 first-year university students from the Universidad de Santiago de Chile, who worked in groups developing models of collisions between bodies—first using balls to generate an initial model, then transferring it to an experimental setup with carts on tracks, and finally to an analogy with stellar collapse in a supernova. The sequence, structured according to the Instruction–Performance Modeling (IPM) framework, enabled students to construct, contrast, and revise physical, mathematical, and mental models, integrating experimental evidence and analogies. The results showed significant progress in systemic understanding of energy: over 80% of the groups correctly identified energy exchanges, losses due to non-conservative forces, and partial conservation of mechanical energy. In conclusion, the study demonstrated the formative potential of modeling as a strategy to connect every day and astronomical phenomena, fostering deep and coherent learning about the fundamental energetic principles that govern processes across multiple scales.

**Keywords:** *University education, modelling, energy.*

## 1. Introducción

La enseñanza de la energía requiere integrar conceptos y prácticas epistémicas. La modelización científica actúa como herramienta central al permitir construir, usar y revisar representaciones simplificadas de fenómenos con fines explicativos y predictivos, entendiendo que los modelos son abstracciones situadas y no copias del mundo (Coll & Lajium, 2011).

En el aprendizaje de la física, la modelización cumple una doble función: explicar fenómenos y articular distintos niveles de representación. Tal como señalan Greca y Moreira (2001), los modelos operan en tres planos interrelacionados:

- Modelos físicos: definen entidades, interacciones y mecanismos bajo condiciones ideales, y constituyen la estructura semántica de la teoría.
- Modelos matemáticos: organizan el formalismo mediante ecuaciones, permitiendo inferencias lógicas que carecen de significado hasta ser interpretadas físicamente.
- Modelos mentales: representaciones internas personales y dinámicas que permiten a los estudiantes explicar y predecir fenómenos de forma intuitiva.

En este marco, una comprensión sólida de la física se logra cuando los estudiantes pueden anticipar el comportamiento de un sistema mediante modelos físicos, sin depender solo del formalismo matemático. Por ello, la enseñanza basada en modelos debe favorecer la articulación entre representación física, razonamiento matemático y visualización conceptual (Greca y Moreira, 2001).

Ahora bien, cuando se aborda el concepto de energía, esta se plantea como una enseñanza desafiante por su carácter abstracto y polisémico. La coexistencia de múltiples representaciones, sin una explicitación clara de sus reglas, suele fragmentar el conocimiento y generar confusiones. Las ideas de transferencia, conservación y degradación estructuran el modelo científico escolar de energía, pero con frecuencia se enseñan de forma parcial o reducidas a la noción de “transformación”, lo que promueve concepciones lineales y limita una comprensión sistémica de los fenómenos físicos (Soto y Couso, 2023).

Para superar estas limitaciones, se requiere un marco que permita construir un modelo coherente de la energía, integrando sus diferentes manifestaciones. En este sentido, el trabajo didáctico se orienta hacia el desarrollo de un Modelo Científico Escolar (MCE) de energía, que comprende cuatro ideas clave: naturaleza, transferencia, conservación y degradación (Soto y Couso, 2023).

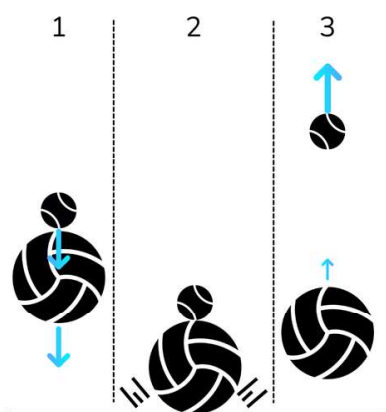
Este modelo no debe presentarse como un conjunto de definiciones cerradas, sino emerger progresivamente a través de actividades de predicción, explicación y revisión, apoyadas en representaciones múltiples y fenómenos paradigmáticos que favorezcan la construcción de mecanismos explicativos (Hernández et al., 2015).

Para estructurar este proceso de aprendizaje, la secuencia se basa en el modelo Instruction–Performance Modeling (IPM) propuesto por Couso y Garrido (2024). Este enfoque organiza la enseñanza en torno a prácticas epistémicas y distingue entre el ciclo externo de diseño docente y el ciclo interno de modelización del estudiante, lo que permite analizar su interacción en la construcción del conocimiento.

## 2. Metodología

Con base a los antecedentes se ha diseñado e implementado una secuencia didáctica con el objetivo de promover la comprensión de la transferencia de energía a distintas escalas a través de un hilo continuo de modelización progresiva, que conecta fenómenos cotidianos con fenómenos de astronomía de frontera.

**Figura 1**  
*Representación del fenómeno de rebote de las pelotas.*



La secuencia se implementó en un total de 72 estudiantes de primer año universitario de carreras de la Universidad de Santiago de Chile, quienes trabajaron en grupos de 3 estudiantes. En cuanto a su estructura, la secuencia inicia con la observación de videos de dos pelotas de diferente tamaño que rebotan juntas (Figura 1), donde se activa la necesidad de un modelo que explique por qué el cuerpo más pequeño alcanza mayor altura después del rebote. Esta situación permite elaborar un modelo inicial de transferencia de energía entre dos cuerpos de distinta masa, representando los intercambios y prediciendo las variaciones de energía. Luego, el modelo se transfiere a un análogo instrumental con carritos sobre un riel (Figura 2), donde se registra información experimental mediante sensores, permitiendo evaluar, contrastar y cuantificar las transformaciones de energía en el sistema. En esta fase, los estudiantes identifican eventos clave y comparan sus predicciones con la evidencia, revisando su modelo inicial e incorporando el rol de las fuerzas no conservativas en la degradación de energía.

A partir de esto, el modelo generado se transfiere a un contexto astronómico para comprender el fenómeno de explosión de una supernova. En esta analogía, los carritos 1 y 2 representan capas de la estrella con distintas masas o densidades que colapsan hacia el núcleo, análogo al tope del riel. La colisión del primer carrito con el tope simboliza el momento en que el núcleo detiene su colapso y genera una onda de choque que transfiere energía hacia las capas externas. Aunque en una supernova real existen múltiples capas, el modelo se simplifica a dos cuerpos para destacar el mecanismo esencial de redistribución y transferencia de energía que impulsa la eyección del material estelar. Esta transición, desde lo cotidiano hacia lo astronómico, muestra cómo un principio físico puede explicar fenómenos en distintas escalas, integrando observación, experimentación y analogía, mostrando el potencial de la modelización para enseñar conceptos energéticos desde una perspectiva multiescala.

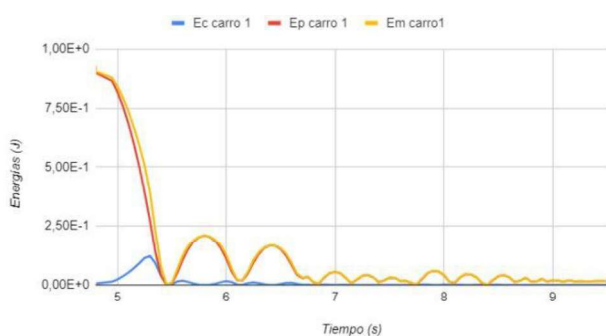
**Figura 2**  
*Montaje experimental.*



### 3. Resultados

Los resultados muestran que los estudiantes desarrollaron una comprensión más integrada de la transferencia y conservación de la energía, avanzando desde descripciones fenomenológicas hacia explicaciones que incorporan una visión sistémica y relacional de los intercambios energéticos. En sus informes identificaron con claridad los momentos de intercambio energético entre los carrillos,

**Figura 3**  
*Gráfico realizado por estudiantes (G2).*



diferenciando entre energía cedida, recibida y perdida, y emplearon representaciones gráficas (Figura 3) de las energías cinéticas y potenciales para fundamentar sus conclusiones. Más del 80% de los grupos detectó correctamente los instantes de colisión y los descensos progresivos de energía mecánica, asociándolos con la acción de fuerzas no conservativas. Así mismo, los estudiantes demostraron uso adecuado de los conceptos, integrando términos como transferencia, disipación y conservación, y

justificaron la no conservación total de la energía mecánica por causas como rozamiento, sonido y deformaciones. Los porcentajes de pérdida reportados fueron interpretados como evidencia de disipación progresiva, sin recurrir a concepciones erróneas de “energía destruida”. La comparación entre las predicciones iniciales y los resultados experimentales favoreció la revisión de los modelos

propuestos, incorporando de manera progresiva el papel de las fuerzas disipativas en la interpretación del fenómeno.

Finalmente, la transferencia del modelo hacia el contexto astrofísico de las supernovas revela una comprensión ampliada: los estudiantes establecieron analogías entre los carritos, las capas, el tope y el núcleo estelar, reconociendo que, al igual que en el experimento, parte de la energía se transfiere mientras otra se disipa al entorno. Este resultado demuestra apropiación conceptual y capacidad de generalización, consolidando el aprendizaje del modelo de energía en distintos niveles de representación y escala.

#### **4. Discusión y Conclusiones**

La secuencia desarrollada permitió que los estudiantes abordaran un fenómeno complejo, a partir de modelos simples y accesibles, favoreciendo la comprensión profunda de los principios de transferencia, conservación y degradación de la energía. El trabajo con análogos simples, como las pelotas y los carritos, se mostró eficaz para favorecer la comprensión de los procesos de transferencia de energía. Esta aproximación permitió que los estudiantes relacionaran observaciones experimentales con explicaciones coherentes, construyendo un sentido físico más sólido sobre los intercambios energéticos. En conjunto, la experiencia confirma el potencial didáctico de usar modelos sencillos para explorar fenómenos de alta complejidad, tanto por su valor formativo como por su capacidad para vincular la física clásica con la astrofísica contemporánea. La secuencia no solo promueve la comprensión conceptual de la energía, sino que también ofrece un marco replicable para enseñar ciencia desde la modelización, permitiendo a los estudiantes transitar entre contextos experimentales, análogos y teóricos, y reconocer que los mismos principios físicos gobiernan procesos en escalas muy distintas del universo.

## Referencias

- Coll, R., & Lajium, D. (2011). Modeling and the future of science learning. In M. S. Khine & I. M. Saleh (Eds.), *Models and modeling in science education* (6), 3-19. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0449-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0449-7_1)
- Garrido, A., & Couso, D. (2024). The IPM cycle: An instructional tool for promoting students' engagement in modeling practices and construction of models. *Journal of Research in Science Teaching*, 62(3), 391-425. <https://doi.org/10.1002/tea.21979>
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86(1), 106-121. <https://doi.org/10.1002/sce.10001>
- Hernández, M. I., Couso, D., & Pintó, R. (2015). Analyzing students' learning progressions throughout a teaching sequence on acoustic properties of materials with a model-based inquiry approach. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2), 356-377. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9503-y>
- Soto Alvarado, M., & Couso Lagarón, D. (2023). Construcción de un modelo sofisticado de energía en futuros docentes de física. *Enseñanza de las Ciencias*, 41(2), 25-45. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5585>