

La solución de problemas muestras en la Física de la Secundaria Básica

Sample problem solving in lower Secondary School Physics

Héctor R. Rivero Pérez¹ (hrperez@uclv.cu) (<https://orcid.org/0000-0002-2093-472X>)

Jeidy Caballero Chinae² (jeidycaballerochinae@gmail.com) (<https://orcid.org/0009-0006-3063-1681>)

Jorge Luis Contreras Vidal³ (jcontreras@uclv.cu) (<https://orcid.org/0000-0003-1060-8290>)

Resumen

La solución de problemas es uno de los objetivos en la enseñanza de la Física. Esta puede organizarse y explicarse a través de un recurso procedimental generalizado la denominada "Macroestructura de Solución". En este artículo se tiene como objetivo exponer como tal recurso se puede utilizar en el tratamiento de los problemas en la Secundaria Básica a partir de la solución de "problemas muestras". En el entorno escolar donde se desarrolla esta investigación se manifiestan dificultades en la solución de problemas de Física tanto en la dimensión estudiante como en la dimensión profesor, centradas fundamentalmente en el poco dominio de recursos procedimentales para solucionar estos problemas de Física o al menos acometer la búsqueda de la vía solución. El empleo del recurso señalado puede contribuir a cambiar tal situación.

Palabras claves: macroestructura de solución, métodos de solución, problemas de Física.

Abstract

The solution of problems is one of the objectives in the teaching of Physics. This can be organized and explained through a generalized procedural resource called "Solution Macrostructure". The objective of this article is to show how such a resource can be used in the treatment of problems in Basic Secondary Education, starting from the solution of "sample problems". In the school environment where this research is developed, difficulties in the solution of Physics problems are manifested both in the student dimension and in the teacher dimension, fundamentally centered on the poor command of procedural resources to solve these Physics problems or at least to undertake the search for the solution. The use of this resource can contribute to change this situation.

¹ Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Licenciado en Física. Villa Clara. Cuba.

² Licenciada en Educación Matemática-Física y profesora de Física del CM: "Chichi Padrón" en Placetas, Villa Clara. Cuba.

³ Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Licenciado en Educación, especialidad Física-Astronomía. Villa Clara. Cuba.

Key words: solution macrostructure, solution methods, physics problems.

La Física en la secundaria básica

La Física en la enseñanza Secundaria Básica es una materia decisiva para el desarrollo de habilidades científicas y técnicas en los estudiantes. La comprensión de los conceptos fundamentales de la Física, como la mecánica, la molecular, la termodinámica, la electricidad, y la óptica, les permitirá aplicar estos conocimientos en situaciones cotidianas y en su futuro académico y profesional. Un aprendizaje efectivo de la Física también puede fomentar el pensamiento crítico y la resolución de problemas, habilidades valiosas para cualquier carrera.

Desde que comienza la asignatura se intenta identificar a los alumnos con el objeto de la física y el impacto que ella tiene en las actividades que realizan los físicos y en la sociedad actual. En la presentación de estos aspectos se jerarquiza el papel que tiene para la cultura el conocimiento científico contemporáneo, la implicación de las ciencias y la tecnología en la sociedad y el medio ambiente, todo lo cual determina la necesidad de imprimirle a la enseñanza de la Física una orientación cultural, que se ajuste a la práctica educativa que ha tenido el niño, en correspondiente con el desarrollo social actual. (Pérez y otros, 2018, p.16)

En esta asignatura no se enseñan solo conocimientos de Física meramente. Estos se estudian en sus nexos inseparables con los fenómenos sociales y sus proyecciones en los elementos de la tecnología que como parte de la cultura caracterizan el contexto sociocultural actual.

Se aborda la enseñanza no solo desde el conocimiento previo que el estudiante tiene de los aspectos objetos de estudio, sino que se plantea desde la solución de problemas, problemáticas o preguntas y tareas que envuelven al alumno en una intensa actividad de aprendizaje, convirtiendo en objeto directo de las acciones intelectuales del estudiante el contenido a aprender, aprovechando, para esto, bajo la dirección del profesor, la experiencia de la actividad científica investigadora en la construcción del conocimiento. (Valdés, 1999, p. 56)

En esta enseñanza, el proceso de enseñanza aprendizaje (PEA) se basa principalmente en la intuición y la experiencia práctica. Los estudiantes se centran en leer el problema y extraer la información relevante, sin contar con recursos fundamentados en algoritmos o heurísticas que les permitan resolver los problemas de manera más eficiente. Esto hace que el PEA de la Física en la Secundaria Básica sea limitado en cuanto a la formación de habilidades y conocimientos más sólidos y estructurados.

En primer lugar, los estudiantes suelen tener dificultades para resolver problemas de Física cuando carecen de los conocimientos teóricos y procedimentales necesarios. A menudo abandonan el proceso de solución al darse cuenta de que no cuentan con estos recursos. Aunque los estudiantes suelen tener conocimientos teóricos conceptuales, en muchas ocasiones no disponen del conocimiento procedimental necesario para resolver los problemas.

Por otro lado, los profesores también se enfrentan a dificultades para enseñar a sus estudiantes los procedimientos necesarios para resolver problemas de Física. La bibliografía disponible para los profesores suele ser limitada y no proporciona una orientación precisa sobre cómo enseñar estos conocimientos de manera práctica. Además, la bibliografía especializada en la solución de problemas de Física suele estar desactualizada, lo que dificulta aún más la tarea de los profesores para prepararse adecuadamente y desempeñar su trabajo de manera efectiva.

Por lo anteriormente planteado nuestra investigación está orientada a exponer como se utiliza la “Macroestructura de Solución” en la solución de “problemas muestra” en la Secundaria Básica.

La solución de problemas de Física

La solución de problemas de Física ha sido objeto de estudio por varios investigadores, en este sentido se destacan: Morphew y Mestre (2018); Ugonwa (2019); Carrascosa, Martínez y Alonso (2020); Mariño, Hernández y Prada (2021); Benítez, Rojas y Rodríguez (2021); Nápoles, González y Izquierdo (2022); Romero (2022); Frias, Hernández y Valdés (2022); Díaz y Ortega (2022).

Se concuerda con Nápoles, González y Izquierdo (2022) que asumen, los rasgos esenciales de los problemas expresados por Rodríguez et al. (2021), que son los siguientes:

- Es una situación descubierta por, o planteada a un sujeto, quien desconoce a priori cómo solucionarla, sea porque no conoce la vía, no posee todos los conocimientos necesarios, o ambas cosas a la vez.
- Requiere de determinados conocimientos y habilidades mínimas para enfrentarlo
- (condicionante preponderante cognitivo).
- Genera una necesidad para su transformación y la búsqueda de cómo realizar una
- transformación que requiere esfuerzo intelectual sostenido (condicionante preponderante afectivo).
- Tiene carácter relativo, pues tanto en su aspecto objetivo como subjetivo está supeditada al sujeto que se enfrenta a él.

En el ámbito nacional y las obras de Física en el exterior, hacen referencia a la existencia de cierta metodología para solucionar problemas y proponen problemas tipo e incluso problemas muestra para ilustrar modos de acción. Resnick, Halliday y Krane (2012), así como otras obras latinoamericanas de Física son coincidentes en estas consideraciones e incluso recurrentes.

¿Qué son los problemas muestras?

Son los problemas que el profesor emplea como ejemplos que soluciona frente a los estudiantes, con su ayuda o no, como pretexto para introducir la Macroestructura de Solución. Estos problemas propician que el profesor muestre y ejemplifique los modos para solucionar problemas de Física. Deben cumplir, entre otras, las siguientes exigencias:

1. Tengan la función y/o propósito que tengan muestran modos de acción, por lo que el profesor las solucionará con el máximo de rigor (físico y metodológico)
2. Deben situarse frente a los estudiantes (el texto) durante el tiempo en que se realiza su análisis, en que se aborda, empleándose con tal propósito el recurso o medio que así lo facilite.
3. Deben mostrar con claridad los propósitos que persigue el profesor.
4. Deben tener o incluir los parámetros de dificultad previstos (siempre tratando que se acerque lo más posible a un problema, al menos en su dimensión objetiva)

La Macroestructura de Solución de los problemas de Física

La macroestructura de solución, como mecanismo procedimental generalizado, propone el sistema de pasos idóneos para la solución de un problema, independientemente de su contenido y del contexto en que se aborda. Los procedimientos que la acompañan están diseñados para trabajar con lápiz y papel (como se señala en el argot internacional) (Candelario, 2016).

La macroestructura de solución se puede definir: como el mecanismo procedimental generalizado que, fundamentado en la estructura funcional de la actividad y consecuente con ella, encierra el sistema de pasos idóneos para solucionar cualquier problema, tomando como referente lógico-psicológico esencial, el análisis a través de la síntesis (Rivero, 2003). En otros contextos se han retomado los pasos que propone Polya (para el caso de los problemas de matemática) para “adaptarlo” a otras ciencias como asignatura, pero tal gestión ha quedado casi en lo mismo.

Este colectivo de autores durante varios años ha estudiado y fundamentado un sistema de pasos idóneos que se ha enriquecido notablemente, teórica y prácticamente hasta conformar lo que se ha definido como “Macroestructura de Solución de los Problemas de Física” y que se desarrolla en esta propuesta sintéticamente.

Elementos estructurales de la macroestructura de solución (MS) según Rivero (2003)

Valoración

Dada un problema de Física lo primero que se debe realizar es una valoración de la misma que permita inferir su importancia, su utilidad y su belleza, visto este último elemento en la dimensión estética del problema que rebasa lo externo y que considera las peculiaridades internas de la misma que le confieren atributos estéticos.

Esta importancia no sólo se refiere a la aplicabilidad a la vida diaria o a los impactos CTS del problema, sino que debe considerarse por los profesores-estudiantes su incidencia en la concepción científica del mundo y la trascendencia para la asimilación del contenido físico.

Primer paso: Análisis del enunciado

A continuación, se propone el primer paso de la macroestructura, que consiste en el análisis del enunciado. Este paso está referido a la determinación con claridad de lo dado y lo que se pide, pero más que eso, está dirigido a revelar la estructura específica del problema.

Los didactas de las Matemáticas hacen referencia al empleo de procedimientos de análisis que de forma directa conducen a la solución o al menos la propician. En el caso de la Física también se denominarán procedimientos de análisis (Labarrere, G, 1987) pero a diferencia de las Matemáticas el empleo de tales herramientas, está dirigido a esclarecer y precisar la estructura interna del problema y conducir al sistema de métodos que proporcionan la solución o el camino a seguir, entre los cuales los métodos físicos, son fundamentales, pues plasman la esencia de la Física como asignatura.

Los procedimientos de análisis que se proponen son: análisis semántico (o lectura analítica), esquema conceptual-instrumental del problema, modelación, empleo de subproblemas auxiliares y reformulación. El procedimiento denominado esquema conceptual-instrumental del problema es nuevo, es decir, no se incluye en la bibliografía que aborda el tema en diferentes ámbitos. El enriquecimiento de los contenidos de los procedimientos de análisis en el contexto específico de la Física propone aportaciones que realmente elevan las competencias de los profesores-estudiantes para la ejecución óptima del proceso docente-educativo de la solución de problemas.

La aplicación de estos procedimientos de análisis permite entre otras cosas:

1. Esclarecer la estructura específica del problema con el objetivo de visualizar la posible solución (o soluciones) o al menos determinar los métodos a emplear para resolverla.
2. Proyectar la estrategia de solución, es decir, reconocer los pasos elementales que pueden llevar a la posible solución con carácter proyectivo.
3. Establecer la propia solución de modo directo (como posible variante que se da en la realidad).

En otro sentido, la esencia de la aplicación de los procedimientos de análisis no está referida de modo directo a la obtención de la solución sino a la selección de la vía; del método, de la estrategia a seguir durante todo el proceso, pero, sobre todo, al establecimiento de una zona o área de búsqueda, que cada vez estrechará más sus fronteras hasta develar la solución.

Segundo paso: Determinación de la vía de solución

Acentuando las diferencias lógicas que existen entre los problemas de Matemática y las de Física, se proponen en este paso un sistema de métodos encabezado por los métodos físicos: método dinámico, método conservativo y método estadístico, un subsistema de métodos matemáticos que se especifican: en el método función-gráfico y método de la variable común, un subsistema de métodos lógicos como conductor de los restantes métodos, tipificados a través de: método analógico, método algorítmico, método analítico-sintético y la combinación armónica de éstos para solucionar un problema concreto, el método experimental y el método de solución por investigación y por último, la combinación creadora de estos métodos permitiría la denominación de métodos personales o personalizados donde el sujeto resolvente ajusta el problema a sus posibilidades cognitivo-instrumentales y a las peculiaridades de cómo los interioriza y los concientiza.

Tercer paso: Ejecución de la vía de solución

En éste se desarrolla todo el proceso de solución expresando la respuesta de forma literal, lo que permite el ulterior análisis físico-matemático para aplicar de forma consecuente los procedimientos de comprobación.

Cuarto paso: Valoración y control del proceso y del resultado

Para llevar a vías de hecho este paso, se proponen varios procedimientos de comprobación que pueden operar independientemente, pero para garantizar la solidez de las decisiones, del proceso y del resultado obtenido, es preferible que operen de forma sistémica.

Entre los procedimientos de análisis se sitúan: el análisis de unidades, el análisis dimensional, el análisis de tendencias y/o extremal, la solución por otra vía y por último el empleo de recursos metacognitivos que se refieren en primer lugar a las contingencias contextuales en que se soluciona el problema, en segundo lugar, a las peculiaridades específicas del problema, y en tercer lugar el control reflexivo sobre los procesos cognitivos del resolvente, puestos en juego para solucionar el problema .

Perspectivación

Por último, sin ser considerado un paso de la macroestructura propiamente dicho, se “perspectiva” el problema, ¿en qué consiste tal perspectivación? Es extremadamente importante que después de haber cumplido con las exigencias y órdenes propuestas en el problema no concluya el proceso de interacción con la misma y se pase a otra, es extremadamente necesario agotar las posibilidades que ofrece el problema, para ello se proponen diferentes vías que de modo puntual se citan a continuación:

1. Cambiar los parámetros de dificultad y/o de complejidad.
2. Introducir y potenciar saberes que de forma explícita no están dados en el problema.

3. Hacer cambios en la figura auxiliar.
4. Proponer tareas que incluyan los impactos CTS.

La macroestructura de solución de los problemas de Física es un mecanismo procedimental generalizado donde algoritmos y heurísticos se combinan con los métodos de la física como ciencia de manera que con su empleo se solucionen problemas independientemente de contenidos y contexto o al menos contribuye a indagar de manera acertada y ordenada el camino de solución, es decir, al menos establecer una zona de búsqueda de la solución. Su complejidad está dada por el empleo de un sistema de procedimiento de análisis, un sistema de métodos de solución que van desde los métodos propios de la ciencia física (método dinámico de la fuerza, método conservativo y método estadístico) hasta los lógicos y los matemáticos, en el sistema de pasos que ya se ha referido.

Internacionalmente se observa como el conocimiento procedimental no recibe un tratamiento didáctico adecuado o simplemente no se intenciona de forma que los estudiantes se apropien de forma empírica de recursos para solucionar problemas como resultado de un efecto acumulativo al resolver una gran cantidad. El dominio de la MS por su contenido muestra, ejemplifica y ofrece todos los elementos útiles, necesarios y fundamentados para solucionar problemas de Física. Tal recurso se trabaja de forma sistemática y orgánicamente incluida en el curso de Física de la formación de profesores en la universidad y en la educación preuniversitaria (donde se ha estatuido) pero no así en Secundaria Básica, dado su complejidad por tanto era necesario una adaptación a este nivel no solo por el alcance de la asignatura aquí, sino también por el desarrollo psicológico de los estudiantes de esta educación.

Para mostrar cómo es posible enriquecer y emplear acertadamente la denominada “macroestructura de solución” de los problemas de Física en la Secundaria Básica se ejemplifica con un problema muestra:

En la figura se muestra, esquemáticamente, un circuito de corriente directa en el que se han insertado dos resistencias en serie de valores 100Ω y 125Ω respectivamente. Se conoce que están sometidas a una tensión de 120 V . ¿Qué cantidad de calor se desprende de ambas resistencias simultáneamente al cabo de $30,0 \text{ s}$?

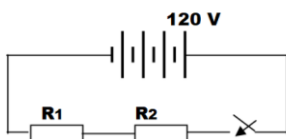
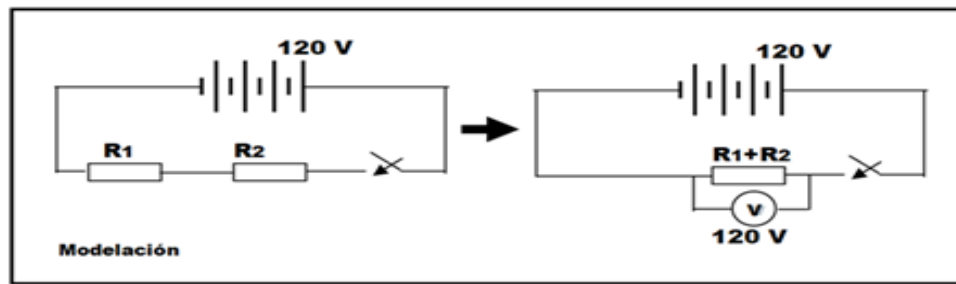


Figura 1. Circuito de corriente directa.

Cuadro de datos o matriz de datos:

Estados físicos	Cuerpos, fenómenos	Condiciones	Exigencias	Constantes
El circuito está funcionando en un estado físico dado	Circuito de CD Resistencia 1 Resistencia 2	Tensión entre los bornes de las dos resistencias: $V = 120\text{V}$ $R_1 = 100\Omega$ $R_2 = 125\Omega$	Determinar la cantidad de calor despendida en ambas resistencias simultáneamente Q	La corriente es constante en este caso

Modelación:



Método lógico de solución:

Análítico-sintético, búsqueda de una ecuación donde aparezca la incógnita y se completa en un proceso de análisis:

$$Q = I^2 R_T t \text{ (no se conoce ni la intensidad de la corriente ni la resistencia total)}$$

Pero:

$$I = \frac{V}{R_T} \quad \text{y} \quad R_T = R_1 + R_2$$

$$Q = \left[\frac{V}{R_T} \right]^2 (R_1 + R_2) t$$

$$Q = \frac{V^2}{R_T^2} R_T t$$

$$Q = \frac{V^2}{R_T} t$$

Sustitución:

$$Q = \frac{(120 V)^2}{225 \Omega} 30,0 s$$

$$Q = \frac{14400 V^2}{225 \Omega} 30,0 s$$

$$= 1920 J$$

$$Q = 19 \cdot 10^2 J \text{ trabajo con números aproximados}$$

Comprobación:

Análisis de unidades:

Todo consiste es demostrar que:

$$Q = \frac{V^2}{R_T} t$$

$$[Q] = \left[\frac{V^2}{R_T} t \right] \quad [J] = \left[\frac{\left(\frac{J}{C} \right)^2 S}{\left(\frac{J}{C} \right) \left(\frac{S}{C} \right)} \right]$$

Resolviendo queda que:

$$[J] = \left[\frac{\cancel{J}^2 \cancel{S}}{\cancel{C}^2} \right] \quad \text{De manera que:} \quad [J] = [J]$$

Soporta un análisis de unidades de manera que la ecuación solución de la tarea es correcta

Consideraciones finales

En tanto, actividad, la solución de problemas cumple con la estructura funcional de la misma, es decir, tiene etapas de orientación, de ejecución y control. La actividad científica también se ajusta de una forma u otra esta estructura, eso justifica que se emplee a macroestructura de solución.

La Macroestructura de Solución (MS) para la solución de problemas de Física se ha enriquecido en su adaptación y aplicación en la secundaria básica al declarar en la misma y explicar convenientemente los siguientes elementos:

- Argumentos para desarrollar la valoración.
- Procedimientos de análisis para desarrollar “el análisis del enunciado”: lectura analítica o análisis semántico y la modelación.
- Métodos de solución lógicos (analítico sintético y algorítmico)
- Procedimientos de comprobación: análisis de unidades, análisis de tendencias y solución por otra vía (cuando se a posible)

Insertando tales recursos en cada uno de los pasos (1. Análisis del enunciado; 2. Determinación de la vía de solución; 3. Ejecución de la vía de solución y 4. Control y valoración del proceso y del resultado)

El conocimiento y empleo de la MS de solución de los problemas de Física por parte de los estudiantes de Secundaria Básica dota a los mismos de un conocimiento procedimental, es decir, de recursos procedimentales adecuados ordenados de manera que estos se orientan frente a un problema de Física para su solución.

Referencias

- Benítez, I. P., Rojas, R., Rodríguez, L.E (2021). Metodología para desarrollar la habilidad formular problemas de Física en el Técnico Medio en Informática. *Opuntia Brava*, 13(2). 158-173.
- Candelario, O. (2016). *La solución de tareas de física, asistida por los software simuladores, en el proceso de formación inicial de profesores de Física*. Trabajo presentado en el I Congreso online sobre Los Modelos Latinoamericanos de Desarrollo.
- Carrascosa-Alís, J., Martínez, S., Alonso, M. (2020). Competencia Científica y Resolución de Problemas de Física. *Revista Científica*, 38(2), 201-215. Recuperado de <https://doi.org/10.14483/23448350.16211>
- Díaz, J. A. y Ortega, J. (2022). La resolución de problemas de Física y el pensamiento matemático en la formación de ingenieros. *Referencia Pedagógica*, 10(3), 129-143. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-30422022000300129&lng=es&tlng=es
- Frias, Y. A., Hernández, H. M. y Valdés, J. R. G. (2022). Desarrollo de habilidad resolver problemas de Física en 10 grado. In *Ciencia y tecnociencia. Aproximaciones sucesivas desde diferentes disciplinas y perspectivas* (pp. 53-59). Texas: Etecam-Editorial Tecnocientífica Americana.
- Mariño, L. F., Hernández, C. A. y Prada, R. (2021). Explorando relaciones entre la resolución de problemas de física y matemática. *Revista Redipe*, 10(10), 440-55. Recuperado de <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1502>
- Morphew, J. W. y Mestre, J. P. (2018). Exploring the connection between problem solving and conceptual understanding in Physics. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(2), 75-85.
- Nápoles, R. R. G., González, J. A. R., & Izquierdo, N. V. (2022). Procedimiento didáctico para la comprensión de la formulación de problemas en la Física del preuniversitario. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 13(5), 335-362.
- Pérez, N. P., Rivero, H., Ramos, J. M., Sifredo, C. y Moltó, E. (2018). *Didáctica de la Física*. Tomo I. La Habana: Félix Varela.

- Resnick, R., Halliday, D. y Krane, K. S. (2012). *Física* (4ª ed., Vol. 1 Parte I). La Habana: Pueblo y Educación.
- Rivero, H. R. (2003). *Un modelo para el tratamiento didáctico de los problemas teóricos de la Física y su solución* (tesis doctoral inédita). Universidad de Ciencias Pedagógicas "Félix Varela" Villa Clara. Cuba.
- Rodríguez, L. E., Pérez, Y. y Pérez, N. P. (2021). La habilidad para formular problemas en la enseñanza y el aprendizaje de la solución de problemas de Física y de Matemática. *Luz*, 86, 40-54.
- Romero, V. A. (2022). *Estrategia para la resolución de problemas de física y dificultades encontradas*. Recuperado de <https://repositorio.iberopuebla.mx/handle/20.500.11777/5353>
- Ugonwa, T. (2019). Effect of Polya's problem solving technique on the academic achievement of senior secondary school student in physics. *European J of Physics Education*, 10(1), 38–48.
- Valdés, P. (1999). *Aprendizaje de la ciencia en la educación secundaria: Temas de Física como ejemplo/ Pablo Valdés Castro y Rolando Valdés Castro* (material en soporte digital). La Habana.