

Enfoque aplicado para resolver problemas por alumnos de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Sinaloa



José Serrano Villegas^{1,2}, Mario H. Ramírez Díaz²

¹Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Sinaloa.

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional.

E-mail: jserrano@upsin.edu.mx

(Recibido el 6 de Febrero de 2016, aceptado el 18 de Agosto de 2016)

Resumen

Aprender a resolver problemas, de acuerdo con diversas investigaciones, es muy importante para aprender habilidades de mayor nivel cognoscitivo. En la resolución de problemas, el enfoque que aplican los alumnos es diferente al enfoque que aplican los especialistas. El propósito del presente trabajo es investigar los enfoques que aplican alumnos de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Sinaloa (UPSin), en el año académico 2015.

Palabras clave: Problemas, Resolución de problemas, Enfoques para la solución de problemas.

Abstract

To learn problem solving is very important to learn higher order cognitive skills. In problem solving, approaches students apply are different that approach specialists apply. The purpose of this study was to investigate problem solving approaches of students in Mechatronics Engineering of Universidad Politécnica de Sinaloa, in 2015 academic year.

Keywords: Problems, Problem solving, Problem solving approaches.

PACS: 0.140.gb, 01.40. Di, 0.1.85.+f-

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

En la sociedad tecnológica actual se considera que es esencial tener la capacidad para resolver problemas complejos. Así, algunas instituciones listan “Solución de problemas”, como un aprendizaje deseado para todos los alumnos, independiente del área de estudio de su elección.

En el contexto de Física es posible que los alumnos desarrollen habilidades en la solución de problemas; por lo cual, muchos profesores de Física consideran un objetivo primordial que los alumnos desarrollen habilidades en la resolución de problemas además del aprendizaje de conceptos y principios fundamentales.

Los trabajos realizados por investigadores en Física Educativa sobre la resolución de problemas de Física indican que los aprendices y los expertos aplican diferentes enfoques para solucionar un problema.

Bowen [1], cita que Larkin *et al.*, (1979) observaron que tanto los expertos como los aprendices empiezan a resolver un problema construyendo una representación externa de la situación física descrita en el problema y que, la tendencia de los expertos es primero analizar el problema cualitativamente de acuerdo con los conceptos físicos fundamentales, antes de resolver los problemas matemáticamente. Mientras que los aprendices tienden a

resolver el problema sustituyendo las variables dadas en una ecuación conocida y posteriormente investigar qué otras ecuaciones pueden estar relacionadas con las variables cuantitativas que aparecen en el enunciado del problema.

Walsh [2] propone la siguiente clasificación de los enfoques que aplican los alumnos para resolver problemas:

- Científico.
- Sustitución y avance.
- Basado en memoria, y
- No claro

De acuerdo con el estudio realizado por Walsh [2], la mayoría de los alumnos que empiezan una educación de nivel superior no resuelven problemas aplicando el enfoque científico. La mayoría aplica el enfoque de “sustitución y avance” identificando variables y tratando de encontrar una fórmula, ya sea apropiada o no; también es común que traten de recordar si anteriormente han resuelto algún problema parecido. Lo anterior es posible que indique que la instrucción tradicional en Física puede no ser estimulante para que los alumnos desarrollen competencias como expertos para resolver problemas. Para describir las categorías Walsh [2] utiliza dos componentes, esto es, qué enfoque aplican los alumnos para resolver problemas y cuál es el interés de este enfoque. Las actividades principales que realizan los alumnos en cada enfoque, son:

A. Científica

- Identifican los conceptos y cómo están relacionados con el problema.
- Trazan un plan para resolver el problema.
- Identifican variables, su relación con los conceptos y con la solución del problema.
- Piensan en las fórmulas que se requieren.
- Enfocan el proceso en cómo están relacionados los conceptos.
- Dibujan una representación física, pero no siempre la requieren.
- Evalúan la solución ya sea cualitativamente o bien defendiendo o desestimando el valor numérico obtenido.

B. Estrategia Estructurada de Solución y Avance

- Establecen que fórmulas serán usadas.
- Relacionan los conceptos con las variables involucradas.
- Identifican la variable objetivo.
- Planean la solución basándose en las variables dadas relacionándolas con una fórmula apropiada, sin hacer un análisis sólido de la situación física.
- Identifican que variables no son dadas pero que hacen falta para la solución.
- En el proceso de la solución se enfocan en cómo están relacionados los conceptos.
- Evalúan la solución ya sea cualitativamente o bien defendiendo o desestimando el valor numérico obtenido.

C. Estrategia No Estructurada de Solución y Avance

- Identifican las variables que se requieren.
- Relacionan las variables dadas con fórmulas que creen que pueden usar para la solución. Sin observar si la forma en que resuelven el problema es correcta o no.
- Identifican la variable objetivo.
- Se enfocan en las variables y no intentan relacionarlas con los conceptos.
- Relacionan ecuaciones de las leyes de Física con las variables, pero lo hacen en la forma de ensayo y error.

D. Estrategia basada en la Memoria

- Analizan el problema basándose en situaciones que han enfrentado en el pasado.
- Tratan de recordar las ecuaciones utilizadas en casos similares anteriores.
- Relacionan el problema con alguno similar antes visto en clase o en otra forma.
- Relacionan las variables dadas en el problema con fórmulas que creen que pueden utilizar para resolverlo.

E. Estrategia No clara

- Analizan el problema en términos de las variables dadas en el problema.
- No relacionan las variables con conceptos.
- No se basan en algún método.
- Intentan manipular las variables en forma aleatoria.
- No intentan evaluar la solución que obtengan.

- No tienen confianza en el proceso que siguen para la solución del problema.

II. MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO AL RESOLVER PROBLEMAS

Polya [6] presenta un método para resolver problemas que consta de cuatro pasos, esto es: Comprensión del problema, diseñar un plan para resolverlo, ejecutar el plan de resolución y hacer una revisión retrospectiva.

Gamze [4], propuso una Rúbrica para medir el desempeño en la resolución de problemas basada en los cuatro pasos antes mencionados, la cual consiste en:

- Comprensión del problema. Incluye el conocimiento de cantidades dadas, identificación de lo que se requiere, determinación del problema.
- Trayectoria para resolver el problema (Algoritmo). Incluye el ajuste del análisis dimensional.
- Cálculos. Incluye el cálculo exacto del valor real con su unidad respectiva.
- Determinación y reporte de la solución. Incluye determinar la interpretación Física del problema y un reporte y explicación final de la situación real.

A. Objetivo

El objetivo del presente trabajo es investigar que enfoques aplican los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Sinaloa (UPSin) en la solución de problemas de la asignatura "Metrología". Para esto se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo enfocan los alumnos el problema?
- ¿Cuáles son las actividades que más alumnos realizan para resolver el problema?
- ¿Qué factores guían a los alumnos para resolver el problema?

III. METODOLOGÍA

Este estudio se delimita a alumnos de un grupo del 1er cuatrimestre de Ingeniería Mecatrónica de la UPSin. Dado que el interés del presente trabajo es analizar los enfoques que aplican los alumnos para resolver problemas, se seleccionaron los que aprobaron el examen realizado. El estudio también se delimita a investigar los enfoques de los alumnos para resolver problemas del tema de medición de voltaje de corriente directa en circuitos serie resistivos de la asignatura "Metrología". Se categorizaron de acuerdo con Walsh [2], los enfoques de los alumnos para resolver problemas e investigar los procesos/etapas que llevan a cabo, mientras resuelven el problema.

B. Procedimientos e Instrumentos para la colección de datos

Para el análisis, se aplica un cuestionario de 35 preguntas adaptado de la literatura [4]. Cada pregunta es tipo Likert variando de 5 (Siempre) a 1 (Nunca) con respecto a la frecuencia de la estrategia aplicada, Tabla 4 [Apéndice A]. Gamze [4], indica que la escala está diseñada para identificar las actividades que realizan los alumnos para resolver el problema de Física y la frecuencia con que realizan las actividades. Los datos obtenidos mediante este instrumento se relacionan con la categorización propuesta por Walsh [2]: Científica, Sustitución y avance, Basada en memoria y No clara, lo cual se muestra en la Tabla 3.

Para evaluar el desempeño de los alumnos en la resolución del problema, se utiliza como fuentes de datos el resultado de un examen de cuatrimestre constituido por ejercicios similares a los que se plantean en Boylestad [5]. Los datos que se obtienen con este instrumento se presentan en la Rúbrica de desempeño, Tabla 1, propuesta por Zewdie [3], donde se acomodan las cuatro etapas del proceso propuesto por Polya [6], las cuales son: Comprensión del problema, Diseño de un plan, realizar el plan (resolver) y examinar retrospectivamente (chechar y evaluar).

El estudio se realiza en la asignatura “Metrología”, con un grupo constituido por 34 alumnos del 1er cuatrimestre de Ingeniería Mecatrónica, que se impartió durante el cuatrimestre Septiembre – Diciembre de 2015. El lapso de tiempo en que se trató el tema de medición de voltaje y corriente directa fue de 4 semanas. Antes de iniciar el tema se solicitó a los alumnos que llenaran el cuestionario de 35 preguntas directas adaptado de la literatura [4]. Al finalizar el tema los alumnos hicieron un examen escrito sobre el tema de medición de voltaje de corriente directa en un circuito resistivo serie compuesto por tres resistencias fijas y una variable con la terminal central desconectada, alimentado con fuente de voltaje de corriente directa, para el cual se solicita que realicen los siguientes cálculos:

- Resistencia total del circuito,
- Corriente a través del circuito,
- Caída de voltaje en cada resistencia,
- Voltaje en un determinado punto del circuito con respecto a tierra,
- Voltaje máximo y mínimo en la terminal central de la resistencia variable.

Los valores asignados a las resistencias, para realizar los cálculos antes mencionados, son los que se obtendrían del código impreso en cada una. Posteriormente se asignan valores a las resistencias ligeramente diferentes a los originales, para que calculen los valores reales (en caso de que las resistencias efectivamente tuvieran esos valores) y después el error entre los valores esperados (valores iniciales) y los valores reales (valores modificados) de los voltajes antes mencionados. Cabe mencionar que en clase se hicieron cálculos con resistencias fijas. La experiencia del grupo con resistencias variables fue en práctica de laboratorio en donde realizaron diferentes mediciones resistivas del mismo.

Mediante la Rúbrica, Tabla 6, se mide el desempeño en la solución del problema del examen y mediante el cuestionario se recaba información sobre la estrategia que utilizan para resolver los problemas.

IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

El desempeño de los alumnos en la realización del examen se evaluó mediante la Rúbrica, Tabla 6 [Apéndice B], elaborada basándose en el proceso para resolver problemas propuesto por Polya [6], y se obtuvo el resultado que se muestra en la Tabla 1, en la cual se incluyen los resultados del examen de 20 alumnos que lo aprobaron. De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla I, los alumnos que aprobaron el examen aplicaron bien el procedimiento para resolver problemas, esforzándose más en la comprensión y en la planeación del problema.

TABLA I. Evaluación del desempeño de los alumnos sobre la solución de un problema acerca de un circuito resistivo serie alimentado con voltaje de corriente directa.

Examen	Comprensión	Algoritmo	Cálculos	Determinación y Representación de resultados
1	3	3	3	3
2	3	3	3	3
3	3	3	3	3
4	3	3	3	3
5	3	3	3	3
6	3	3	2	2
7	2	2	2	2
8	3	3	3	3
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
11	3	3	3	2
12	2	2	2	1
13	2	2	2	1
14	3	3	2	2
15	3	3	3	3
16	3	3	3	3
17	3	3	2	2
18	2	2	2	2
19	2	2	1	1
20	3	3	2	2
Media	2.55	2.55	2.3	2.15

A. Aplicación del cuestionario

El cuestionario se aplicó con el propósito de identificar que actividades realizan más frecuentemente los alumnos, para resolver problemas. Se puede reducir el número de clases de las tablas de frecuencias de cinco a dos, Canavos [7]. Para lo cual se unen las respuestas más significativas (Siempre y frecuentemente) y las menos significativas (Algunas veces, rara vez y nunca), Tabla II.

TABLA II. Actividades que los alumnos realizan para resolver problemas.

Preferencia \ Pregunta	1+2 Si	3+4+5 No	SUMATORIAL
1. Leo el enunciado varias veces	0	34	34
2. Trato de comprender el problema	0	34	34
3. Pienso en los conceptos relacionados con el problema	1	33	34
4. Expreso el problema con mis palabras	1	33	34
5. Escribo las variables dadas en el problema	2	32	34
6. Expreso el problema con figuras y diagramas	13	21	34
7. Reviso las reglas y principios acerca del problema	2	32	34
8. Pienso si antes resolví un problema parecido	1	33	34
9.			
10. Grafico las variables del problema	14	20	34
11. Escribo las variables desconocidas del problema	6	28	34
12. Uso el método de ensayo y error para solucionarlo	11	23	34
13. Analizo conceptos abstractos acerca del problema	5	29	34
14. Pienso en voz alta el problema	17	17	34
15. Determino posibles soluciones del problema	0	34	34
16. Estimo la solución del problema	1	33	34
17. Reviso la solución del problema	0	34	34
18. Reviso los pasos realizados en la solución del problema	0	34	34
19. Divido los problemas en sub problemas	12	22	34
20. Escribo las fórmulas que recuerdo relacionadas con el problema	0	34	34
21. Pienso si la respuesta dada al problema es lógica	0	34	34
22. Clasifico las variables dadas en el problema	4	30	34
23. Aplico la primera solución que recuerde	8	26	34
24. Dibujo el problema para visualizarlo	9	25	34
25. Pienso en la correlación entre las variables dadas	5	29	34
26. Trato de solucionarlo de diferentes formas	3	31	34
27. Visualizo el problema	0	34	34
28. Pienso cuál fue el problema	1	33	34
29. Pienso sobre los diferentes aspectos de los problemas en relación con problemas similares	2	32	34
30. Categorizo la información dada en el enunciado	3	31	34
31. Defino el problema en un lenguaje más sencillo	3	31	34
32. Subrayo los puntos importantes del problema	5	29	34
33. Me enfoco en la solución del problema	0	34	34
34. Interpreto los resultados obtenidos para el problema	0	34	34

35. Pienso en las limitaciones en el problema	5	29	34
36. Hago un plan para solucionar el problema	3	31	34

Donde. 1. Siempre, 2. Frecuentemente, 3. Algunas veces, 4. Rara vez, 5. Nunca.

Las respuestas recogidas en la Tabla II, se relacionan con la categorización de Walsh [2], Tabla3.

TABLA III. Categorización de las actividades de los estudiantes para resolver problemas.

CATEGORÍA O ENFOQUE	CARACTERÍSTICAS	Items de	Alumnos que coinciden
Científica	Analiza cualitativamente el problema utilizando algunas veces diagramas y figuras	12	27, 29 y 30
	Planea y realiza la solución de forma sistemática basada en el análisis	35	
	Soluciona el problema guiándose con los conceptos relacionados con las variables	3	
	Evalúa la solución	21	
Sustitución y avance estructurado	Analiza cualitativamente la situación seleccionando fórmulas requeridas	19	1, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 22, 25, 27, 29, 30, 31, 32, 34
	Planea la solución basada en las variables dadas, y procede sistemáticamente	5	
	Soluciona el problema guiándose con los conceptos, relacionados con las variables	3	
	Evalúa la solución	21	
Sustitución y avance no estructurado	Analiza el problema basándose en las variables requeridas	10	cero coincidencias
	Planea la solución seleccionando fórmulas basadas en las variables requeridas, en una forma de ensayo y error	11	
	Soluciona el problema basándose en las variables sin relacionarlas con los conceptos		
	No evalúa la solución		
Basada en Memoria	Analiza el problema basándose en ejemplos previos	8	5, 7, 9, 10, 19, 24, 25, 26

	Trata de "ajustar" las variables dadas a esos ejemplos	28	
	Relacionan las variables dadas en el problema con fórmulas que creen que pueden utilizar para resolver el problema Se refiere a conceptos como variables	22	
	No evalúa la solución		
Planteamiento no claro	Analiza la situación basada en las variables dadas	5	7, 30, 34
	Procede a tratar de usar las variables en forma aleatoria, insertándolas en las fórmulas que conocen, estén o no relacionadas con el problema	22	
	Recurrer a las variables como términos	24	
	No evalúa		

En la columna "Alumnos que coinciden", se indica el número del alumno cuyas respuestas de la Tabla II coinciden para indicar que enfoque aplican en la solución del problema que resolvieron. De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 3, 3 alumnos aplicaron el enfoque científico, 18 alumnos aplicaron el enfoque "Sustitución y avance estructurado", Cero alumnos aplicaron el enfoque "Sustitución y avance no estructurado", 8 alumnos aplicaron el enfoque "Basado en memoria" y 3 alumnos muestran que "No está claro" el enfoque que aplicaron.

Se observa, sin embargo, que 3 alumnos que indican que aplicaron el enfoque "Científico", también indican que aplicaron el enfoque "Solución y avance estructurado". Se observa también que 3 de los alumnos que indican que aplicaron el enfoque "Basado en memoria", también indican que aplicaron el enfoque "Sustitución y avance estructurado". Finalmente los 3 alumnos que indican que no aplicaron un enfoque definido, también indican que aplicaron el enfoque "Solución y avance estructurado". También, un alumno (7) indica que aplicó los enfoques "Solución y avance estructurado", "Basado en memoria" y "no claro".

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que:

- 11 alumnos aplicaron el enfoque "Sustitución y avance estructurado" exclusivamente,
- 3 alumnos aplicaron tanto el enfoque "Científico" como el de "sustitución y avance estructurado", lo cual podría indicar que estos alumnos en problemas de nivel de

complejidad superior al problema planteado aplicarían el enfoque "Científico";

- 5 alumnos aplicaron exclusivamente el enfoque "Basado en memoria",
- 2 aplicaron tanto el enfoque "Sustitución y avance estructurado" como el enfoque "Basado en memoria" mientras uno aplica el enfoque "Sustitución y avance estructurado", el enfoque "Basado en memoria" así como un enfoque "No claro".
- En total 23 alumnos manifiestan los enfoques y actividades que realizan para resolver problemas, mientras que 11 alumnos no manifiestan un enfoque claramente.

Las actividades que más alumnos realizaron para resolver el problema, (considerando mayor de 80%), en orden descendente, son:

- Tratar de comprender el problema – 100%,
- Enfocarse en el problema – 97.1 %,
- Pensar si la respuesta dada es lógica – 97.1 %,
- Visualizar el problema 94.1 %,
- Revisar la solución del problema – 91.2 %,
- Revisar los pasos realizados en la solución del problema – 91.2 %
- Pensar cuál fue el problema – 88.2 %
- Escribir las fórmulas que recuerda, relacionadas con el problema – 88.2 %

De acuerdo con lo anterior, la mayoría de los alumnos trataron de comprender el problema, relacionando fórmulas con el planteamiento, sin tratar de relacionar los conceptos involucrados en el mismo.

De los alumnos que manifiestan claramente el enfoque que aplicaron, se observa que la mayoría de ellos aplicó el enfoque "Sustitución y avance estructurado".

Nota. Las Tablas aquí aplicadas son una traducción Inglés - Español de las Tablas originales aplicadas en las referencias mencionadas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Politécnica de Sinaloa por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Bowen, C., Bodne, G. M., *Problem-solving processes used by graduate students while solving tasks in organic synthesis*, International Journal of Science Education **13**, 143-158 (1991).
- [2] Walsh, L., Howard, R., Bowe, B., *An investigation of introductory physics students' approaches to problem solving* **3**, Issue 5 (2007).
- [3] Zewdie, Z., *An investigation of students' approaches to problem solving in physics courses*, International Journal of Chemical and Natural Science **2**, 77-89 (2014).
- [4] Gamze, S. S., Selçuk, S., Erol, M., *The effects of problems solving instruction on physics achievement*,

José Serrano Villegas, Mario H. Ramírez Díaz
problem solving performance and strategy use, Lat. Am. J. Phys. Educ. **2**, 151-166 (2008).
 [5] Boylestad, R., *Introducción al análisis de circuitos*, (Pearson, Prentice Hall, México, 2004).
 [6] Polya, G. *How to solve it*. 2nd ed., (Princeton University Press, USA, 1957).
 [7] Canavos, G., *Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos*, (McGraw Hill/Interamericana, México, 1988).

APÉNDICE A

Tabla IV. Escala de estrategias para resolver problemas (EERP).

Qué tan frecuente haces alguna actividad mientras resuelves problemas	Siempre	Frecuentemente	Algunas veces	Rara vez	Nunca
1. Leo el enunciado varias veces					
2. Trato de comprender el problema					
3. Pienso en los conceptos relacionados con el problema					
4. Expreso el problema con mis palabras					
5. Escribo las variables dadas en el problema					
6. Expreso el problema con figuras y diagramas					
7. Reviso las reglas y principios acerca del problema					
8. Pienso si antes resolví un problema parecido					
9. Grafico las variables del problema					
10. Escribo las variables desconocidas del problema					
11. Uso el método de ensayo y error para solucionarlo					
12. Analizo conceptos abstractos acerca del problema					
13. Pienso en voz alta el problema					
14. Determino posibles soluciones del problema					
15. Estimo la solución del problema					
16. Reviso la solución del problema					
17. Reviso los pasos realizados en la solución del problema					
18. Divido los problemas en subproblemas					
19. Escribo las fórmulas que recuerdo relacionadas con el problema					
20. Pienso si la respuesta dada al					

problema es lógica					
21. Clasifico las variables dadas en el problema					
22. Aplico la primera solución que recuerde					
23. Dibujo el problema para visualizarlo					
24. Pienso en la correlación entre las variables dadas					
25. Trato de solucionarlo de diferentes formas					
26. Visualizo el problema					
27. Pienso cuál fue el problema					
28. Pienso sobre los diferentes aspectos del problemas en relación con problemas similares					
29. Categorizo la información dada en el enunciado					
30. Defino el problema en un lenguaje más sencillo					
31. Subrayo los puntos importantes del problema					
32. Me enfoco en la solución del problema					
33. Interpreto los resultados obtenidos para el problema					
34. Pienso en las limitaciones en el problema					
35. Hago un plan para solucionar el problema					

APÉNDICE B

Tabla V. Rúbrica de evaluación de desempeño.

Etapas en la solución de problemas	3 puntos	2 puntos	1 punto	0 puntos
Comprensión del problema	Excelente	Adecuada	Parcial	Ninguna
Trayectoria de solución del problema (Algoritmo)	Excelente	Adecuada	Inexacta	No conveniente
Cálculos	Completos y correctos	Errores menores	Inexactos	No presenta
Determina y reporta la solución	Excelente	Adecuada	Inexacto	No presenta