



scitus

Revista de Investigación en  
Ciencias Sociales

**ARTÍCULOS**

---

**METACOGNICIÓN Y  
MODELAJE DE UN EXPERTO  
EN LA RESOLUCIÓN DE  
PROBLEMAS DE FÍSICA**

METACOGNITION AND AN  
EXPERT MODELING OF  
SOLVING PHYSICS PROBLEMS.

**Autores:** Tellez Ortega Neyra, Ramírez de Mantilla María Sol,  
 Sanabria Cárdenas Irma Zoraida, Aspeé Santander Mario Eduardo.  
**Universidad Nacional Experimental del Táchira.**  
**Decanato de Investigación.**  
**San Cristóbal, Venezuela.**  
**Correo electrónico:** [ntellez@unet.edu.ve](mailto:ntellez@unet.edu.ve) [irmasa66@hotmail.com](mailto:irmasa66@hotmail.com)

En la Universidad Nacional Experimental del Táchira se ha evidenciado que los alumnos de Física I tienen: (a) un desarrollo inadecuado de algunas habilidades necesarias para resolver problemas; (b) dificultades para comprender situaciones abstractas, captar la globalidad de una situación y establecer relaciones entre conceptos; y (c) un desarrollo automatizado del proceso de resolución de problemas. Para ayudar al alumno a solventar estos problemas se desarrolló una investigación para el diseño de un problemario, bajo la modalidad de proyecto factible, centrada en la comprensión del proceso de resolución de problemas y en la metacognición. El diagnóstico se hizo bajo un enfoque cualitativo. Los datos se obtuvieron de entrevistas, producciones de los estudiantes y registros de la investigadora. El análisis se realizó mediante la interpretación recursiva de los datos, buscando determinar las principales dificultades de los alumnos: A partir de

It has been shown at the National Experimental University of Tachira that students in Physics I have: (a) an inadequate development of some skills necessary to solve problems; (b) difficulty understanding abstract situations, grasp the totality of a situation and establish relationships between concepts; and (c) an automated development for problem-solving processes. To help students overcome these problems it was developed a research, in the form of feasible project, to design a Physics problem solver focused on understanding the process of problem-solving and metacognition. The diagnosis was made on a qualitative approach. The data was obtained from interviews, student productions and research records. The analysis was performed using the recursive data interpretation seeking to determine the main difficulties of the students. Based on this, guidelines, strategies and actions, which guided

estas, se definieron lineamientos, estrategias y acciones, que orientaron el diseño que fue realizado siguiendo la metodología de Rowntree (Ramírez de M., 2011). El material incorpora estrategias para facilitar y orientar el proceso de resolución de problemas de Física I, simulando un estudiante experto quien, en un proceso reflexivo autodialógico, resuelve problemas, modela el pensamiento que sigue y hace uso de su metacognición. Expertos en diseño instruccional, contenido y en habilidades cognitivas consideran al problemario de excelente calidad, que hace un adecuado manejo de las habilidades cognitivas. Los estudiantes señalan que les ayudó a comprender cómo se resuelve un problema, las fases del proceso y el papel importante de la metacognición.

**Palabras clave:** Resolución de problemas, metacognición, modelaje de experto.

the design, were carried out following the methodology of Rowntree (Ramirez M., 2011). The material designed incorporates strategies to facilitate and guide the process of solving problems in Physics I, simulating an experienced student who, in a reflective and auto dialogic process, may solve problems modeling thought using his metacognition. Experts in instructional design, content and cognitive skills considered the problem-solving approach of excellent quality, which makes proper management of cognitive skills. Students reported the problem solver helped them out to understand how a problem is solved, the phases of the process and the important role of metacognition.

**Keywords:** Problem solving, metacognition, modeling expert.

## INTRODUCCIÓN

En la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), el grupo de investigación *La Creatividad en la Enseñanza de la Física*, ha tenido como tema de interés la forma en que el alumno aprende física y las dificultades que afectan su aprendizaje. Existen hallazgos que demuestran que el logro efectivo del proceso de aprendizaje de física requiere que los estudiantes por una parte, enfrenten exitosamente la resolución de problemas y por otra, logren un manejo adecuado de sus habilidades cognitivas (Ramírez de M., Sanabria, Tellez, Aspée y Quintero, 2012).

Al observar cómo los estudiantes de física enfrentan las situaciones problemáticas se evidencia lo planteado por Aspée (2003) y Ramírez de M. (2003), en cuanto a que los estudiantes tienen dificultades para (a) lograr la comprensión de situaciones abstractas; (b) captar la globalidad de una situación; (c) establecer relaciones entre los conceptos. Este desempeño inadecuado del proceso de resolución de problemas se relaciona con la forma mecánica y algorítmica en la que los estudiantes abordan los problemas (Quintero, 2010) y con el desarrollo deficiente de algunas habilidades necesarias para la resolución de problemas (Sanabria, Gisbert, Ramírez de M., Tellez, Quintero y Escalante, 2009).

## DESARROLLO

Con respecto a las habilidades cognitivas y metacognitivas, se sabe que existe una estrecha relación entre la resolución de problemas y el funcionamiento de estas habilidades cognitivas (Ramírez de M., Sanabria, Tellez, Aspée y Quintero, 2012). En tal sentido, en la UNET se han ensayado estrategias para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física, concretamente con relación a la resolución de problemas, se ha trabajado de manera individual y en pequeños grupos con mapas conceptuales para mejorar la comprensión del proceso seguido y de la metacognición. A pesar de los buenos resultados, estas propuestas están orientadas a grupos específicos y limitados de alumnos. Por ello, se desarrolló una investigación centrada en proponer un camino que por una parte, oriente el proceso de resolución de problemas y por la otra, propicie el desarrollo de la metacognición. Se decidió (1) diagnosticar las dificultades que tienen los

estudiantes para comprender y enfrentar exitosamente el proceso de resolución de problemas; (2) desarrollar estrategias que ayuden a los estudiantes a superar esas dificultades; y (3) elaborar los materiales instruccionales que orienten el proceso de resolución de problemas y faciliten en el estudiante la reflexión sobre su proceso de resolución de problemas (propiciando así el desarrollo de la metacognición).

Para Aspée (2003) la metacognición es una habilidad cognitiva de orden superior (o metahabilidad) que le permite al individuo examinar, controlar y regular el accionar de sus demás habilidades a fin de mejorar la forma en la que el individuo construye su propio conocimiento. De ahí lo relevante de esta habilidad para el aprendizaje, pues facilita en el individuo el desarrollo de su capacidad de aprender a aprender. La metacognición es una especie de timonel (Aspée, 2003) que sirve de guía y control en la construcción del conocimiento individual, por ello la importancia en propiciar en el estudiante el desarrollo intencional de esta metahabilidad.

## ÁMBITO METODOLÓGICO

La investigación que se reporta en este trabajo, se ajustó a la modalidad de proyecto factible (Manual UPEL, 2008), dentro del enfoque cualitativo. El diseño de la investigación consistió en tres etapas: (**Etapa 1**) el diagnóstico; (**Etapa 2**) el desarrollo de la propuesta; (**Etapa 3**) el análisis y conclusiones sobre la viabilidad. La Figura 1 presenta, la metodología seguida en la investigación.

**Etapa 1.** Diagnóstico. Este estudio fue realizado bajo un enfoque cualitativo, la muestra fue intencional y del tipo opinático (Ruiz, 1999), los instrumentos seleccionados para la recolección de la información fueron: (a) problemas especialmente diseñados; (b) grabaciones de audio de entrevistas a estudiantes; (c) el reporte de las observaciones de la investigadora. El proceso seguido para el registro y análisis de la información se organizó de acuerdo a las categorías de análisis. Producto de éste análisis surgieron una serie de inferencias denominadas hallazgos generales, los cuales dieron origen a los lineamientos preliminares que orientaron el desarrollo de la propuesta.

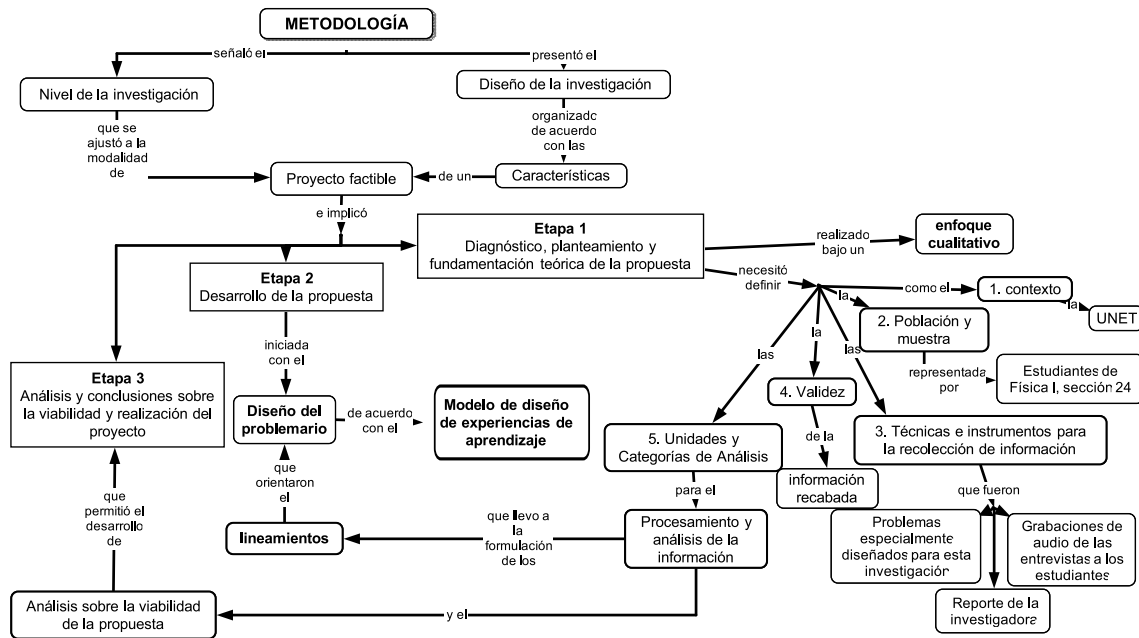


Figura 1. Mapa conceptual de la metodología seguida para el diseño

**Etapa 2. Desarrollo de la Propuesta** (*Procedimiento Metodológico, Actividades y Recursos Necesarios para su Ejecución*). Correspondió al diseño instruccional de la propuesta ofrecida como solución al

problema en estudio. El proceso de diseño instruccional se realizó siguiendo el modelo de diseño de experiencias de aprendizaje de Rowntree (1976), ver Figura 2.

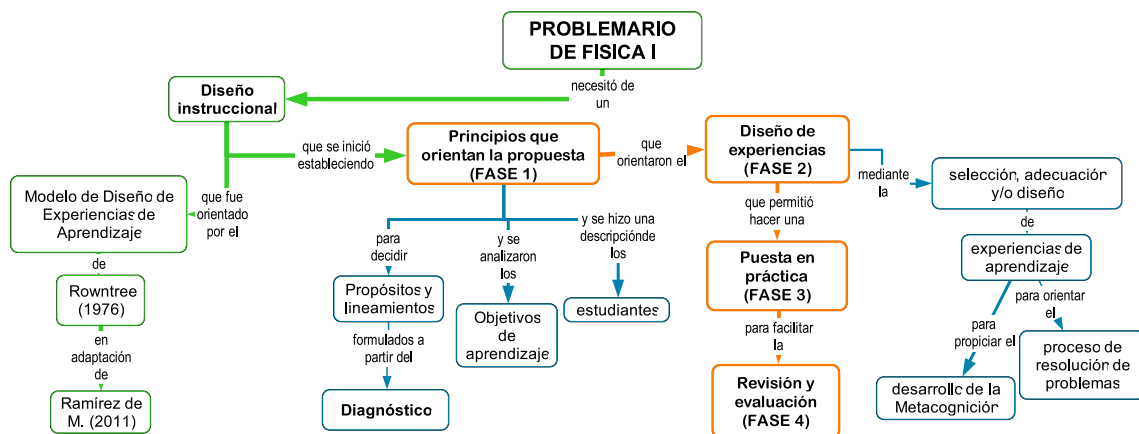


Figura 2. Mapa conceptual del proceso de diseño del problemario

El diseño y producción del material implicó la definición de los principios que orientaron la propuesta (**Fase 1**), el diseño de experiencias de aprendizaje (**Fase 2**), la puesta en práctica (**Fase 3**), y la revisión y evaluación del problemario (**Fase 4**).

**Etapa 3. Análisis y conclusiones sobre la viabilidad y realización del proyecto**, correspondió a la determinación de la

viabilidad de la propuesta, la cual se orientó, según Hernández (s/f), en establecer criterios que garantizan el uso de los recursos necesarios para el desarrollo de la propuesta. Por lo que se estudió la factibilidad: (1) Institucional: relacionada con el contexto institucional en que se ejecuta la propuesta y al respaldo que la universidad le brinda a lo que se quiere hacer; (2) Técnica: referida a la disposición

de recursos humanos y materiales, técnicos y tecnológicos que posibilitan la acción propuesta; (3) Social: corresponde a los fundamentos prácticos y pedagógicos que demuestran la necesidad de la propuesta.

La determinación de la viabilidad para la ejecución del problemario, se apoyó en la inclusión de una de preguntas relacionadas con la viabilidad de la propuesta en uno de los instrumentos usados para la recolección de la información. Esto permitió recoger la opinión general de los estudiantes en relación con este aspecto, para su posterior análisis.

### Producción del material instruccional diseñado (problemario de física)

El desarrollo de la propuesta (*Etapa 2*), estuvo orientado por el modelo de diseño de experiencias de aprendizaje de Rowntre (1976) con adaptación de Ramírez de M. (2011). El material diseñado es un problemario dirigido a los estudiantes de Física I de la UNET, que incorpora un conjunto de estrategias que propician el desarrollo de la metacognición, además de facilitar y orientar el proceso de resolución

de problemas de Física. A continuación las fases que se siguieron:

**Fase 1. Principios que orientan la propuesta**, las dificultades más comunes de los estudiantes para la resolución de problemas de física se detectaron en la *Etapa 1* de la investigación. De ese diagnóstico se originaron los hallazgos generales y se definieron, para cada uno de ellos, los lineamientos preliminares de diseño. Con estos lineamientos y considerando el programa de Física I, se procedió a formular el propósito y los lineamientos que orientaron el diseño de la propuesta. Se hizo una descripción de los estudiantes a quienes está dirigido el material y se realizó el análisis de los objetivos de aprendizaje correspondientes a la primera unidad, para determinar la profundidad y alcance de los problemas presentados en el problemario. El propósito del material instruccional se explica en la Tabla 1.

En cuanto a los lineamientos de diseño que orientaron el diseño del material, en la Tabla 2 se muestra un ejemplo de algunos de estos lineamientos.

**Tabla 1.** Propósito

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Propósito</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brindar al estudiante de Física I la oportunidad de construir su conocimiento de cinemática y dinámica de la partícula mediante un problemario diseñando ad hoc.</li> <li>• Proporcionar información acerca del proceso de resolución de problemas que sigue un experto, a fin de facilitarle al estudiante la comprensión del papel que sus habilidades cognitivas y la metacognición juegan en este proceso.</li> <li>• Modelar la forma de razonamiento de un experto resolviendo problemas y presentarle al alumno oportunidades para que él construya y aplique su propio esquema de resolución de problemas.</li> </ul> |
|------------------|--|

**Tabla 2.** Ejemplo de algunos lineamientos que orientaron el diseño del material

| Lineamientos de diseño   |
|--|
| <p>En el diseño del material se debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar los objetivos de aprendizaje contemplados en el programa de Física I para los temas correspondientes a cinemática y dinámica de la partícula.</li> <li>• Estructurar el problemario para la Unidad I, de acuerdo con el programa de Física I.</li> <li>• Modelar en todo momento el proceso de pensamiento seguido por un experto mientras resuelve problemas de Física I.</li> <li>• Facilitar, mediante la ejercitación, el aprendizaje de los estudiantes.</li> <li>• Usar problemas resueltos recomendados por los docentes de Física I para mostrar los mejores caminos a seguir y el proceso de resolución. De esta manera se podrá facilitar la reflexión del estudiante sobre los pasos seguidos.</li> </ul> |

**Tabla 2.** Ejemplo de algunos lineamientos que orientaron el diseño del material. (continuación.)

| Lineamientos de diseño   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentar las respuestas a cada uno de los problemas propuestos.</li> <li>• Usar problemas de menor complejidad (ejercicios resueltos) en los que se propicie la comprensión de las situaciones físicas planteadas.</li> <li>• Facilitar, mediante el modelaje de un experto, el análisis cualitativo de la situación problemática (SP), haciendo énfasis en lo que ocurre y puede ocurrir.</li> <li>• Propiciar mediante preguntas la reflexión y revisión del logro de la comprensión de la SP.</li> <li>• Enfatizar los conceptos teóricos relevantes para la resolución de SP.</li> <li>• Presentar e identificar los posibles caminos de solución que puede tener una SP.</li> </ul> |

Correspondió, también, definir a quién iba dirigido el material, por ello, se describen algunas de las particularidades más relevantes de los estudiantes de Física I, quienes en su mayoría se caracterizan por: (a) ser pasivos en su proceso de aprendizaje; (b) enfrentar las situaciones problemáticas de forma impulsiva, de ahí que las acciones que emprenden no resultan ser suficientes y ni adecuadas; (c) resolver las situaciones planteadas sin revisar ni el proceso que siguen para dar solución ni los resultados que obtienen, por ello no siempre logran responder lo que se les pide; (d) ser poco conscientes de los procesos de pensamiento seguidos mientras resuelven problemas; (e) tener interés por problemas resueltos que les orienten en la solución.

**Fase II: Diseño de las experiencias de aprendizaje,** en esta fase se realizó el diseño, selección y adecuación de las experiencias de aprendizaje, esto llevó a la elaboración y desarrollo de los ejercicios, problemas resueltos y problemas planteados. Cada uno de los textos que conforman el cuerpo del problemario atiende a un lineamiento de diseño, por ello se definieron, para cada uno de ellos, las estrategias y acciones que permitieron concretar en el problemario lo que se perseguía con ese lineamiento. Es decir,

que en esta fase se elaboró cada una página del problemario.

**Fase III: Puesta en práctica,** una vez elaborado el problemario, éste se sometió a prueba con un pequeño grupo de alumnos de Física I (seis estudiantes), en un semestre regular. Se tomaron registros de las opiniones de los estudiantes a medida que ellos lo utilizaban, también se aclararon dudas sobre los problemas y sobre los textos y comentarios presentes en el problemario.

**Fase IV: Revisión y evaluación,** esta fase se llevó en paralelo con las dos fases anteriores, el diseño de las experiencias de aprendizaje fue producto de un proceso recursivo de revisión y evaluación realizado por investigadores en aprendizaje y habilidades cognitivas, expertos en contenidos y expertos en diseño instruccional. Las revisiones fueron incorporadas, a medida que surgían, esto permitió mejorar los materiales. Se elaboró una ficha para evaluar el problemario, para ello se definieron criterios de evaluación, que se especifican en la Tabla 3. La ficha de evaluación incluyó una sección para que los evaluadores incorporaran sus comentarios o recomendaciones de la evaluación de los ejercicios y problemas presentados.

**Tabla 3.** Criterios de evaluación para la elaboración de la ficha.

| Criterios de evaluación  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los problemas deben adecuarse a los objetivos y los contenidos especificados.</li> <li>• Los problemas y ejercicios desarrollados deben presentarse en forma organizada.</li> <li>• La información presentada deben ser significativa, de calidad y contextualizada.</li> <li>• Los problemas y ejercicios desarrollados deben facilitar la comprensión de los temas.</li> <li>• Los problemas propuestos deben adecuarse al nivel de complejidad de los problemas y ejercicios desarrollados.</li> </ul> |

**Tabla 3.** Criterios de evaluación para la elaboración de la ficha. (continuación)

| Criterios de evaluación  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los conceptos abordados se deben adecuar al desarrollo de los ejercicios y/o problemas.</li> <li>• Las preguntas y/o reflexiones deben promover el desarrollo de la metacognición.</li> <li>• Los textos desarrollados deben tener una intencionalidad clara.</li> <li>• Los textos presentan los aspectos más importantes sin exceso de información.</li> <li>• Las imágenes y elementos visuales deben atraer la atención de los estudiantes.</li> <li>• El formato, color y estilo de las páginas deben mantener uniformidad.</li> </ul> |

### Descripción del Problemario de Física

El problemario es un material instruccional de resolución de problemas, está estructurado en dos secciones: una primera sección (*Sección 1*), en la que se presenta información centrada en el proceso de resolución de problemas, las habilidades cognitivas y la metacognición, y una segunda sección (*Sección 2*), que presenta una selección de problemas para los temas de cinemática y dinámica de la partícula, temas que corresponden a la primera unidad de la asignatura Física I.

En el material se incorporó el uso de un personaje que simula un joven (estudiante experto) que da solución a las situaciones físicas planteadas y se le atribuye el proceso de pensamiento que sigue un experto mientras resuelve una situación problemática. El uso de ese personaje ayuda, además de refrescar el texto, a que el estudiante de Física I sienta que tiene un compañero experto quien le muestra cómo resolver problemas. Por ello, se presenta la situación problemática, el experto comenta y reflexiona acerca de lo que hace para resolver la situación. Es decir, que el camino de solución de cada problema se describe modelando el proceso de pensamiento que sigue un experto al resolverlo. Las acciones que sigue el experto están reflejadas en el problemario, simulando un proceso intradialógico (de la persona consigo misma), de reflexiones y preguntas que se hace ante un problema, respuestas que se da para orientar su solución, y autocuestionamientos sobre la validez de lo que hizo, del proceso de resolución o su conocimiento del tema. En este material se enfatiza, de forma intencional, en el uso que el experto hace de su metacognición, por tal razón, el problemario muestra cómo a medida que el experto da solución a un problema, él

controla, monitorea y evalúa las acciones que sigue.

A continuación se hace una breve descripción de las secciones del problemario.

**Sección 1. Resolución de Problemas de Física I**, se muestra, en esta sección, al experto explicando cómo es su proceso de resolución de problemas y los pasos que sigue, ilustrando con ejemplos cada uno de esos pasos. Se utilizan mapas conceptuales para presentar la información relacionada con el proceso de resolución de problemas y las fases o etapas de ese proceso. También en esta sección se explica, de forma breve y sencilla, en qué consiste la metacognición y las habilidades cognitivas básicas que se manejan para el aprendizaje de la física. Se toman como ejemplos parte de los ejercicios y problemas resueltos del mismo problemario para aclarar cuando está en funcionamiento su metacognición y las habilidades cognitivas. Esto se hace para que el estudiante comprenda que la metacognición es el control ejecutivo de las propias acciones y que las habilidades cognitivas juegan un papel importante en el aprendizaje de la física.

Como ejemplo de la información relacionada con esta sección en la Figura 3 se presentan dos de las páginas del problemario.

**Sección 2. Problemas de cinemática y dinámica de la partícula**, esta sección se presenta una selección de problemas de la primera unidad de la asignatura Física I, correspondientes a los temas de cinemática (movimiento en una dimensión, movimiento de proyectiles y movimiento circular) y dinámica de la partícula (Leyes de Newton).

Para todos los temas se desarrollaron:  
 - *Ejercicios resueltos*, que corresponden a mini problemas en los que se muestran conceptos básicos del tema estudiado y la forma de abordar dichos conceptos. Una vez encontrada la solución, el estudiante experto culmina el ejercicio reflexionando sobre otras posibles situaciones que no fueron consideradas en el problema o sobre el proceso que siguió para dar respuesta a lo planteado.

- *Problemas resueltos*, son problemas más complejos, son problemas totalmente desarrollados en los que el estudiante experto va más allá de presentar una respuesta al problema, pues además de preguntarse acerca de la forma de darle solución, también reflexiona sobre el significado físico de esa respuesta.

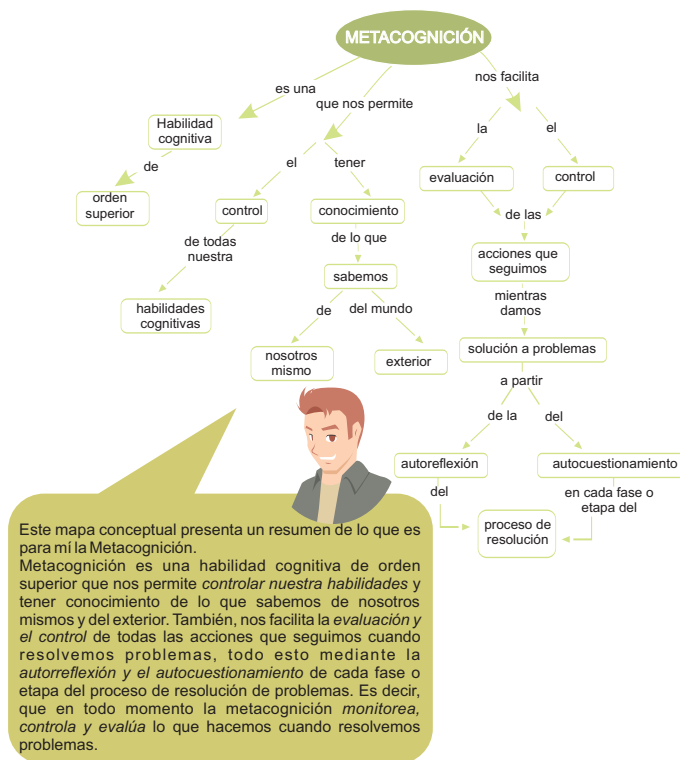
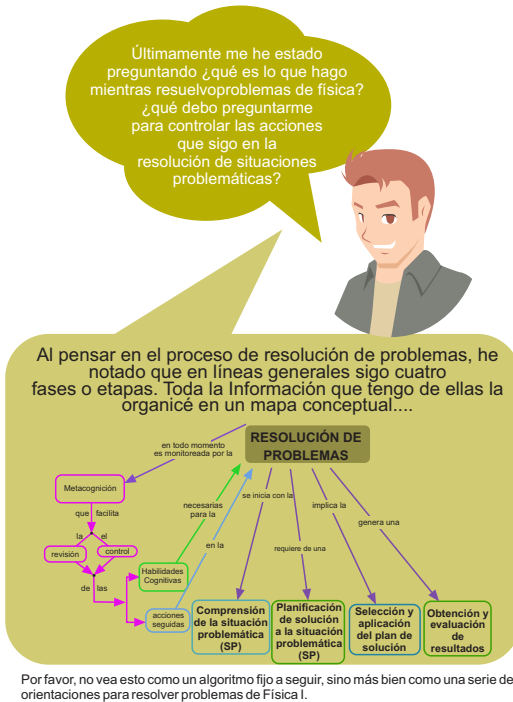


Figura 3. Ejemplo de páginas correspondientes a la Sección 1 del problemario

- *Problemas propuestos*, es un conjunto de problemas que se presentan al estudiante para que se ejercite. Al final de cada serie de estos problemas, se incluyen las respuestas de solución.

Un ejemplo de dos páginas de esta sección es presentado en la Figura 4.

PRESENTACIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el desarrollo de la investigación, que aquí se reporta, se lograron dos productos el primero, fue el diagnóstico de las dificultades presentes en los estudiantes de física para la resolución de problemas, y el segundo, la elaboración de un material instruccional (problemario de física) que facilita y orienta el proceso de resolución de problemas de física y propicia el desarrollo de la metacognición.

En el caso del diagnóstico, como se explicó en la metodología, la información recabada provino de tres instrumentos que fueron: (1) problemas especialmente diseñados para esta investigación; (2) grabaciones de audio de las entrevistas a estudiantes; (3) el reporte de las observaciones de la investigadora.



**E01 Ejercicios de movimiento de proyectiles**

La figura muestra a un jugador de golf haciendo un swing. El jugador golpea la pelota y ésta sale disparada con una rapidez de  $40\text{m/s}$  y un ángulo de tiro de  $30^\circ$ .  
 Determine: La velocidad inicial de la pelota

Me llama la atención lo del ángulo de tiro... ¿qué es?

Es el ángulo entre la horizontal (eje X) y el vector velocidad, es decir, que el vector velocidad está formado por dos componentes, una paralela al eje X y otra componente al eje Y. La pelota en su movimiento describirá una trayectoria parabólica.

Ok pero, ¿qué es lo que dice el problema?

Dice que una pelota de golf sale disparada con una rapidez de  $40\text{m/s}$  y un ángulo de tiro de  $30^\circ$ . Es decir, que conozco la magnitud del vector velocidad inicial y el ángulo formado por este vector y la horizontal, en este caso llamado ángulo de tiro.

¿Cómo visualizo el ángulo de tiro?

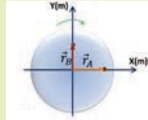
Recuerdo que lo podemos representar gráficamente como:

$\theta$  es el ángulo de tiro

Recuerdo los conceptos básicos de trigonometría y de vectores

**P01 Problemas resueltos de Movimiento Circular**

Una plataforma circular giratoria de  $12\text{m}$  de radio gira con velocidad angular constante de  $1.745 \times 10^{-3} \text{ rad/s}$  y en sentido de las agujas del reloj. Sobre la plataforma se encuentran dos partículas A y B cuyas posiciones en el instante  $t=0$  son las siguientes:



$$r_A = 10\hat{i} + \hat{j} \text{ m} \quad r_B = -0\hat{i} + 8\hat{j} \text{ m}$$

Para la situación planteada y despreciando la resistencia del aire, determinar:

1. Con respecto a la velocidad que experimenta ambas partículas ¿que se puede afirmar?
2. ¿Cuál es el desplazamiento angular de la partícula B, luego de 45 minutos de movimiento?
3. Si justo a los  $45\text{min}$ , ocurre una avería en la transmisión ocasionando que la plataforma se detenga 5 minutos después, entonces ¿cual es la posición de A una vez determinada la plataforma?

**1. Con respecto a la velocidad que experimenta ambas partículas ¿Qué se puede afirmar?**

¿Qué es lo que me piden?

¿Qué es velocidad?

Recuerdo que la velocidad es la razón de cambio de la posición de la partícula con respecto al tiempo, y que este vector es tangente a la trayectoria descrita por la partícula. En el movimiento circular el módulo del vector velocidad (rapidez) depende de la rapidez angular que experimenta la partícula y del radio de la circunferencia que describe la partícula.  $v = \omega R$

Veamos... me piden que revise qué puedo decir respecto de la velocidad experimentadas por las partículas A y B

¿Qué debo hacer?

Debo revisar cómo son los vectores velocidad de cada partícula y compararlos entre ellos, para ello el dibujo

Los módulos de los vectores son diferentes, ya que aunque ambas partículas se mueven con la misma velocidad angular de la plataforma, están ubicadas en lugares diferentes respecto del centro de la plataforma, es decir que describen trayectorias circulares de diferente radio

Figura 4. Ejemplo de páginas correspondientes a la Sección 2 del problemario

Para el análisis de la información recabada se procedió de la siguiente manera: inicialmente se realizó la *codificación y digitalización de la información*, que implicó la realización de una lectura detallada de la información, seguida de la codificación de las unidades de información (datos) según las unidades temáticas establecidas. La codificación de los instrumentos usados fue la siguiente: (a) *SP*: producciones de los informantes, producto del desarrollo de situaciones problemáticas; (b) *E*: grabación de audio de la entrevista semiestructurada; (c) *RI*: reporte de la investigadora. Se realizaron los registros pertinentes, se procedió a la digitalización de la información en función de los diversos instrumentos, se escanearon las producciones de los informantes, se transcribieron las entrevistas realizadas y los reportes de la investigadora.

Seguidamente, se realizó un *primer nivel de análisis y organización de información*, el cual correspondió a un análisis de contenido de la información recabada, por ello se analizaron las producciones de los informantes (*SP*), con respecto al proceso que seguían en la resolución de cada situación problemática, se

revisaron los resultados logrados, los procesos de pensamiento reportados por los estudiantes, y los mecanismos de control y revisión realizados por ellos. Esto permitió inferir acerca de las dificultades que tienen los estudiantes cuando resuelven problemas de Física y sobre las habilidades cognitivas y metacognitivas aparentemente involucradas en este proceso. También, se estudiaron las transcripciones de las entrevistas, así como el reporte de la investigadora que incluía las observaciones y reflexiones de lo ocurrido mientras los estudiantes resolvían los problemas planteados.

Finalmente se desarrolló un *segundo nivel de análisis y organización de información por categoría*, que implicó una revisión, depuración y organización del primer nivel de análisis, por ello se elaboraron cuadros para cada unidad temática en los que se agrupó la información de acuerdo con las categorías y subcategorías planteadas. Se incluyen las inferencias o reflexiones hechas por la investigadora, sustentadas con registros visuales, registros escritos de los informantes y comentarios o reflexiones obtenidos de las entrevistas de ellos. Y al final de cada categoría se presentan los

hallazgos generales que son los resultados o conclusiones parciales obtenidos en este segundo nivel de análisis. En la Tabla 4, se

muestran los hallazgos generales encontrados en la etapa de diagnóstico.

**Tabla 4.** Hallazgos generales y contrastación teórica

| Categoría          | Hallazgos generales   | Contrastación teórica   |
|--------------------|---|---|
| Memorización       | Tratan de recordar y reconocer información elemental de los conceptos, leyes y teorías involucrados en la solución de la SP.  |   |
| Comprensión        | Tratan de recordar caminos de solución seguidos.  | Al hacer un análisis final de los resultados relacionados con la unidad temática manejo de las habilidades cognitivas y la metacognición, se puede decir que los hallazgos corroboran lo presentado por Quintero (2010), en relación con la poca conciencia que tienen los estudiantes de “los procesos requeridos en la resolución de problemas” (p.68). Igualmente, hay coincidencia con la apreciación de Quintero en el sentido de que hay un bajo nivel de conciencia del propio manejo que hacen de sus habilidades cognitivas y de la metacognición. |
|                    | No logran construir significado de conceptos, teorías y/o leyes involucradas en la solución. Hacen representaciones gráficas, discursos o imaginan para esclarecer su comprensión de la SP. |   |
| Aplicación         | Interpretan la SP en distintas formas lenguaje.   | Los resultados de este trabajo sugieren que a los alumnos se les dificulta buscar nuevas vías de solución debido al bajo nivel de desarrollo de sus habilidades cognitivas de síntesis y evaluación   |
|                    | Logran ubicar la SP en el contexto específico de la física, saben qué conceptos, teorías y/o leyes tienen relación con SP planteada.  |   |
| Análisis           | Tratan de utilizar las variables conocidas y los modelos físicos sin relacionarlos correctamente.   | No logran captar qué variables, conceptos, leyes y teorías están involucradas, cómo se relacionan, qué sucede y qué se espera que ocurra.   |
|                    | No establecen las causas que dan origen a la SP.  |   |
| Síntesis           | No llegan a realizar predicciones sobre lo que puede ocurrir de acuerdo con la situación planteada y con los fundamentos de la física.  |   |
| Evaluación         | No logran captar qué variables, conceptos, leyes y teorías están involucradas, cómo se relacionan, qué sucede y qué se espera que ocurra.   | No logran comparar ni discriminar caminos de solución que sean conducentes a la solución. No realizan juicios, fundamentados en la física, en los que valoren las respuestas encontradas. No son conscientes de las habilidades básicas para el aprendizaje de la física, por lo tanto no logran controlar la puesta en acción de estas habilidades.  |
|                    | No reorganizan la información presentada en la búsqueda de nuevos patrones de solución de la SP.  |   |
| Metacognición      | No logran comparar ni discriminar caminos de solución que sean conducentes a la solución.   | No son conscientes de las fases ni de las acciones que siguen mientras resuelven problemas. No tienen expectativas sobre la SP planteada.   |
|                    | No realizan juicios, fundamentados en la física, en los que valoren las respuestas encontradas.   |   |
| Factores asociados | No son conscientes de las habilidades básicas para el aprendizaje de la física, por lo tanto no logran controlar la puesta en acción de estas habilidades.                                  | Estos hallazgos corroboran lo encontrado por Quintero (2010) respecto de que los patrones individuales de resolución de problemas, que siguen los estudiantes, están marcados por las emociones y los sentimientos, y esto afecta su desempeño.   |
|                    | No son conscientes de las fases ni de las acciones que siguen mientras resuelven problemas.   |   |
|                    | No tienen expectativas sobre la SP planteada.   |   |
| Factores asociados | Se les dificulta administrar el tiempo que dedican a resolver la SP.  | Estos hallazgos corroboran lo encontrado por Quintero (2010) respecto de que los patrones individuales de resolución de problemas, que siguen los estudiantes, están marcados por las emociones y los sentimientos, y esto afecta su desempeño.   |
|                    | Se sienten desmotivados a mejorar su proceso de resolución de problemas.  |   |
|                    | Las emociones, sentimientos y preocupaciones bloquean y limitan su desempeño.   |   |
| Factores asociados | Alta expectativa por la recompensa (nota).  |   |

Con respecto a la elaboración del material instruccional (problemario de física), se logró la producción de este material y se realizó la evaluación del mismo.

El problemario fue evaluado por expertos en desarrollo de habilidades cognitivas y metacognición, diseño instruccional y expertos en contenido. Todos completaron las fichas diseñadas para cada tema y aspectos cubiertos en el material. Las observaciones, producto de esta evaluación, fueron discutidas con los evaluadores y se incorporaron las correcciones y mejoras al material. De igual modo, fueron considerados los comentarios de los alumnos que trabajaron con el material para clarificar puntos débiles, aspectos confusos y problemas mal planteados o con errores. Eso permitió también fortalecer lo que aparece en el texto para propiciar la metacognición.

La opinión de los alumnos que trabajaron con el problemario es altamente satisfactoria, pues encontraron que el problemario les ayuda a comprender cómo se resuelve un problema, las fases más importantes del proceso de resolución de problemas de Física y el papel importante que juega la metacognición. A continuación, se presentan algunos comentarios de estos estudiantes.

*Es interesante lo que dice el muñequito, me ayuda a ver cómo es que se hacen los problemas...Me llamó la atención que resolver un problema tenga etapas, yo creía que solo era leer y resolver. (Entrevista I15)*

*Al comienzo me cansaba de tanto leer y nada que resolvían, pero me di cuenta que dice cosas que no hago, cuando estaba estudiando circular me ayudó porque estaba haciendo la actividad de aula y cuando no sabía que hacer revisaba lo que decía y me daba cuenta que no había hecho un poco de cosas. (Entrevista I32)*

En cuanto a los expertos, la valoración fue muy positiva. Consideraron que es un trabajo de excelente calidad y diagramación, visualmente atractivo. Señalaron que cubre adecuadamente tanto los problemas relacionados con los contenidos de

dinámica y cinemática de la partícula, como el manejo de las habilidades. Para ellos, el material le permite al alumno ser consciente de lo que hace mientras resuelve problemas y las reflexiones, a lo largo del problemario, propician en el estudiante el desarrollo de su metacognición.

## CONCLUSIONES

Seguidamente se mencionan las conclusiones más importantes:

### **Con respecto al proceso de investigación:**

- Se diagnosticaron las dificultades relacionadas con las habilidades cognitivas y metacognitivas requeridas por el estudiante para resolver problemas de física.
- Se concibieron estrategias que propician en el estudiante el desarrollo de las habilidades cognitivas y metacognitivas necesarias para la resolución de problemas.
- Se logró la producción de los materiales instruccionales, tanto para el proceso de resolución de problemas, como para los temas de cinemática y dinámica de la partícula. Todos ellos se compilaron en el producto final llamado aquí el Problemario.

### **Con respecto a las dificultades encontradas**

- Se diagnosticaron los procesos que siguen los estudiantes mientras resuelven problemas y el manejo de algunas de sus habilidades cognitivas involucradas en el proceso de resolución de problemas.
- Los hallazgos sugieren que los alumnos afrontan la solución de problemas de forma memorística y mecánica, y las acciones que siguen se caracterizan por la falta de planificación y la impulsividad; todo esto se compadece con lo encontrado por Santaella (2001) y Quintero (2010).
- Se evidenció que los estudiantes no cuentan con un patrón propio para resolver problemas y también se les dificulta la comprensión, análisis e interpretación de la situación problemática. Esto coincide con lo reportado por Sanabria, Gisbert, Ramírez de M., Téllez, Quintero y Escalante (2009) y Quintero (2010).
- Otro aspecto importante es el desconocimiento, por parte de los estudiantes, del verdadero significado del proceso de resolución de problemas. Los estudiantes lo

ven como la consecución de un resultado numérico y no como un proceso de acción, revisión y reflexión recursiva.

- Con respecto al manejo que tienen los estudiantes de sus habilidades cognitivas y metacognitivas en la resolución de situaciones problemáticas de física, se puede afirmar que los estudiantes no son conscientes del pensamiento que siguen al resolver problemas y la mayoría tienen un desarrollo poco adecuado de sus habilidades cognitivas y de su metacognición. Estos hallazgos se compadecen con lo presentado por Aspee (2003), Ramírez de M. (2003), Sanabria, Gisbert, Ramírez de M., Téllez, Quintero y Escalante (2009) y Quintero (2010).

- Se evidenció también que los estudiantes no demuestran dominio de las habilidades cognitivas de síntesis y evaluación, esto puede ser una de las razones de las severas limitaciones que muestran cuando deben buscar nuevas vías de solución a una situación problemática planteada.

- Los hallazgos sentaron las bases para definir los lineamientos de diseño del problemario.

#### **En relación con problemario diseñado**

- Se realizó el diseño instruccional del problemario mediante un proceso constante de reflexión, discusión (con expertos y alumnos) y revisión, lográndose un problemario novedoso que abarca una sección orientada a ayudar al estudiante en la comprensión y construcción de su propio proceso de resolución de problemas, y otra que contiene problemas resueltos y propuestos con énfasis en la metacognición.

- El diseño incluyó la creación de un personaje que es un alumno experto, quien mantiene un proceso dialógico con el mismo y una reflexión recursiva acerca de los pasos y procesos seguidos mientras resuelve problemas. Este modelaje le brinda al alumno oportunidades para que revise los procesos seguidos por un experto, reflexione acerca de su propio proceso de pensamiento y pueda construir su propio esquema de resolución.

- El problemario le ofrece al estudiante oportunidades para que se ejercite de manera intencional y pueda desarrollar su metacognición y lograr un mayor desempeño

de sus habilidades cognitivas básicas para el aprendizaje de la física.

- La incorporación en el problemario de reflexiones, preguntas y autocuestionamientos, que el experto se hace ante un problema, le facilita al lector la comprensión del papel que su pensamiento y la metacognición juegan en el proceso de resolución de problemas.

- La primera sección ayuda a que el estudiante comprenda que la metacognición está relacionada con el control ejecutivo de sus propias acciones y que las habilidades cognitivas juegan un papel importante en el proceso de resolución de problemas.

- En la segunda sección se le presenta al estudiante orientaciones sobre cómo se resuelven los problemas de cinemática y dinámica de la partícula. Esto se logra mediante el alumno experto que se plantea y replantea la situación problemática, evaluando lo que hace y reorientando sus acciones de forma continua para encontrar la solución.

- El problemario fue evaluado positivamente por los expertos en diseño instruccional, contenido y en habilidades cognitivas. Consideran que es de excelente calidad, tiene una buena diagramación y es visualmente atractivo. Indican que cubre adecuadamente los problemas relacionados con los contenidos seleccionados, señalan que el manejo de las habilidades a lo largo del texto es adecuado y le permite al alumno darse cuenta de lo que está haciendo y, finalmente, que con las reflexiones a lo largo del problemario se propicia el desarrollo de la metacognición.

- Los alumnos opinaron que el problemario les ayudó a comprender cómo se resuelve un problema, las fases más importantes del proceso de resolución de problemas de Física y el papel importante que juega la metacognición.

## REFERENCIAS

Aspée, M. (2003). *La Metacognición en los Tiempos del Caos*. Tesis Doctoral no publicada. Universidad Santa María. Caracas.

Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2008). Caracas: FEDEUPEL.

- Quintero, A. (2010). *Desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas de estudiantes universitarios para el aprendizaje de la física*. Tesis Doctoral no publicada. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Rubio.
- Ramírez de M., M. (2003). *Desarrollo de habilidades cognitivas en docentes universitarios: en la búsqueda de un camino para su comprensión y mejoramiento*. Tesis Doctoral no publicada. Universidad Santa María. Caracas.
- Ramírez de M., M. (2011). *Adaptación del Modelo de Derek Rowntree para el Diseño de Experiencias de Aprendizaje*. Material mimeografiado. Curso de Diseño Instruccional I. Maestría en Enseñanza de las Ciencias Básicas. UNET. San Cristóbal.
- Ramírez de M, M., Sanabria, I., Tellez, N., Aspeé, M., y Quintero, A. (2012). *El Mapa Metacognitivo para organizar y orientar la Resolución de Problemas*. San Cristóbal, Abril 2012. Congreso Regional UCAT.
- Ramírez de M, M., Sanabria, I., Aspeé, M., y Tellez, N. (2012). *Resolución de problemas de física: averígüese con mapas metacognitivos Lo que el profesor ya sabe...y que aprenda en consecuencia*. V Congreso Internacional de Mapas Conceptuales. Malta, Septiembre 2012.
- Rowntree, D. (1976). *Educational Technology*. Londres: Harps and Row Publisher.
- Ruiz, J. (1999). *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Sanabria, I. (2012). *El aprendizaje de Física I en entornos tecnológicos. Un modelo de formación blended learning basado en el desarrollo de habilidades cognitivas básicas*. Tesis Doctoral. Tarragona: Universitat Rovira I Virgili.
- Sanabria, I., Gisbert, M., Ramírez M., M., Tellez, N., Quintero, A. y Escalante, H. (2009). *Diagnóstico inicial de habilidades cognitivas básicas para el aprendizaje de Física I y competencias*. Memorias del XII Congreso Internacional EDUTEC 2009. Manaus, Brasil, Septiembre 2009.
- Santaella, J. (2001). *Aproximación Teórico-Conceptual de los Procesos Cognitivos y Metacognitivos implicados en la Resolución de Problemas Matemáticos*. Revista Faces. [Documento en línea]. Disponible: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/faces/revista/a15n25/15-25-4.pdf>. [Consulta: 2014, Abril, 18].