



ANÁLISIS DE LA REGULACIÓN METACOGNITIVA EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DURANTE EL APRENDIZAJE DE LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

María Elena Bernal, Manuela Castaño, Manuela del Pilar Gómez

**Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia**

Rosario Iodice

**Universidad Católica de Pereira
Pereira, Colombia**

Resumen

La educación en ingeniería promueve que el estudiante sea el actor principal de su aprendizaje, por medio de actividades que potencien la resolución de problemas a través de preguntas, construcción de argumentos y exposición de ideas. Se ha visto que la regulación metacognitiva facilita al estudiante monitorear y controlar su aprendizaje durante la resolución de problemas. La regulación metacognitiva conlleva las habilidades metacognitivas de planeación, monitoreo y evaluación que son importantes predictores del aprendizaje. Para los fines educativos de la ingeniería es importante fomentar el empleo de tareas que permitan al maestro reconocer cómo participa la regulación metacognitiva en el aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, faltan estudios que analicen este constructo mientras los estudiantes de ingeniería aprenden resolución de problemas. En este orden, con la presente investigación cualitativa se ha analizado la regulación metacognitiva de estudiantes de ingeniería mientras aprendían a resolver problemas en la asignatura de simulación de eventos discretos. La metodología fue un caso de estudio único donde un alumno de ingeniería industrial verbalizó sus pensamientos en voz alta mientras aprendía a resolver problemas en la simulación de eventos discretos. El análisis deductivo de los pensamientos en voz alta se dio mediante una taxonomía de actividades metacognitivas construida y validada previamente por los autores. Consecuentemente, la investigación halló patrones del uso de la regulación metacognitiva que permitieron evidenciar cómo el alumno de ingeniería fue un eficiente resolutor de problemas. En particular, en este documento se analizó la participación de las habilidades metacognitivas asociadas a la regulación metacognitiva en el aprendizaje de la resolución de problemas en la simulación de eventos discretos. Estos hallazgos son una fuente

documental para que los docentes puedan plantear procesos de enseñanza-aprendizaje en ingeniería con el propósito de fomentar el empleo de la regulación metacognitiva.

Palabras clave: aprendizaje de resolución de problemas; estudiante de ingeniería; regulación metacognitiva

Abstract

Engineering education encourages the student as the main actor of the learning through activities to enhance problem solving questions, argument construction and ideas presentation. Metacognitive regulation facilitates the monitoring and controlling of learning during problem solving. Metacognitive regulation involves the metacognitive skills of planning, monitoring, and evaluation as learning relevant predictors. For the engineering educational purposes, it is important to promote the tasks to allow the teacher to recognize how metacognitive regulation participates in student learning. Nevertheless, there are few research that characterize metacognitive regulation while engineering students learn problem solving. In this order, the present qualitative research analyzes the metacognitive regulation of engineering students while they were learning how to solve problems in the discrete event simulation subject. The methodology was a unique study case where an industrial engineering student thought aloud while learning to solve problems in the discrete event simulation. A metacognitive activities taxonomy, previously constructed and validated by the authors, facilitates the deductive analysis of the thinking aloud. Consequently, the research found metacognitive regulation patterns that made it possible to show how the engineering student was an efficient problem solver. This document analyzed the participation of metacognitive skills associated with metacognitive regulation in problem solving learning in the simulation of discrete events. These findings are a documentary source for teachers to propose teaching-learning processes in engineering with the purpose of promoting the use of metacognitive regulation.

Keywords: *problem solving learning, engineering student, metacognitive regulation*

1. Introducción

La educación en ingeniería plantea formar estudiantes con una alta competitividad en la calidad del conocimiento a través del aprendizaje de la resolución de problemas (RP), de esta forma, los alumnos exploran las estrategias propias de la ingeniería y reconocen cuándo usarlas (Lin, Kong, Mao & Wang, 2019). Así, la RP se comprende como una forma de pensar donde el aprendiz problematiza el estudio de la disciplina mediante la formulación de preguntas, la codificación de información, además del análisis y exposición de ideas (Santos-Trigo, 2014). En este orden, los estudiantes aprenden a explotar los fundamentos de la ingeniería durante la formulación e implementación de soluciones para resolver problemas concernientes a las necesidades de la sociedad (Akben, 2018; Lin et al., 2019).

La regulación metacognitiva (RM) es relevante ya que favorece la reflexión, comprensión y búsqueda de soluciones (Arteaga-Martínez, Macías & Pizarro, 2020). Lo anterior ocurre porque la



RM es el conjunto de actividades que ayudan al estudiante a monitorear y controlar su aprendizaje (Orrego, Tamayo, & Ruíz, 2016; Schraw & Dennison, 1994; Wang, 2015), así los alumnos reconocen qué saben, además establecen cuándo y cómo usar los contenidos de la ingeniería durante el aprendizaje de la RP (Özyurt, 2015; Wilson & Bai, 2010).

La RM hace referencia a las habilidades metacognitivas (HM) de planeación, monitoreo y evaluación que ayudan a controlar el aprendizaje de la RP (Análisis metacognitivo en estudiantes de básica, durante la resolución de dos situaciones experimentales en la clase de Ciencias Naturales). Por ejemplo, el alumno al emplear su habilidad de planeación representa y comprende el problema ya que elabora diagramas, tablas o gráficas con las cuales el estudiante descompone el problema en otros más simples o lo transporta a otro contexto con el fin de solucionarlo (Santos-Trigo, 2014). En este orden, las HM permiten la vigilancia activa del aprendizaje, la adaptación a las demandas situacionales e interiorización del conocimiento propio de la ingeniería (Azevedo, Moos, Johnson & Chauncey, 2010; Baten, Praet & Desoete, 2017), de esta manera, el estudiante relaciona los fundamentos disciplinares con su contexto de RP.

Fomentar las HM implica alejarse de paradigmas tradicionales de enseñanza donde el profesor transfería el conocimiento a los estudiantes olvidando integrar el contenido y las HM asociadas a la RM (Jumari, Mohd-Yusof & Phang, 2018). Más aún, esta situación tradicional no es ajena a la formación de ingeniería ya que el estudiante es instruido a asumir como "correcta" las estrategias aprendidas para resolver las actividades, restringiendo la exploración de otras respuestas y obstaculizando la creatividad e innovación de los aprendices (McAuliffe, 2016).

Dada la relevancia de las HM y su divergencia con los paradigmas tradicionales, los docentes han reconocido la importancia de diseñar tareas que brinden a los estudiantes la coyuntura para regular su aprendizaje (Sanmartí & Alimenti, 2004)(Sanmartí & Alimenti, 2004), es decir, se comprende las tareas como oportunidades donde los aprendices pueden utilizar su repertorio metacognitivo para la selección y aplicación de estrategias durante el aprendizaje de la RP (Alibali, Brown & Menendez, 2019). Similar, Avargil, Lavi & Dori (2018) y McAuliffe (2016) recalcan que los educadores, en ciencia e ingeniería, deben incorporar en sus prácticas pedagógicas la metacognición y enseñar el uso de las HM con el objetivo de facilitar al aprendiz ser consciente de sus propios procesos mentales, así contribuir en la formación y desarrollo profesional de los alumnos.

En este sentido, las tareas se convierten en una herramienta para documentar cómo el alumno utiliza su RM para resolver problemas (Santos-Trigo, 2014), en particular, son un insumo para que los maestros mejoren sus prácticas de enseñanza y aborden las condiciones metacognitivas de sus alumnos (Jonassen, 2000; Veenman, Van Hout-Wolters & Afflerbach, 2006). De esta forma, los profesores construyen ambientes de aprendizaje donde los estudiantes requieren explícitamente aplicar sus HM y reflexionar sobre su proceso de aprendizaje durante la RP (Wilson & Bai, 2010). Como se ha señalado desde la formación en ingeniería se reconoce la relevancia de fomentar el uso de las HM (Avargil et al., 2018; McAuliffe, 2016). De esta forma, existen trabajos como Valeyeva, Kupriyanov, Valeyeva, Romanova & Nugmanova (2017) quienes buscan fomentar las HM mediante tareas que permiten a los estudiantes de ingeniería reflexionar sobre la construcción de algoritmos y estrategias de aprendizaje. Así mismo, los autores valoran las HM de los



aprendices mediante un cuestionario que describe actividades de reflexión durante el aprendizaje de la RP; así, Valeyeva et al. (2017) reportan que los universitarios poseen falencias de aprendizaje pues no reconocen qué estrategias usar para solucionar la tarea y procesar la información.

Igualmente, Jumari et al. (2018) han descrito cómo estudiantes de ingeniería utilizan sus HM para resolver problemas. En particular, los autores han realizado entrevistas semi-estructuradas, posteriormente han codificado los datos considerando las estrategias de regulación. Por lo tanto, Jumari et al. (2018) indican que los universitarios aplican actividades de planeación como determinación de metas y logros durante la transición del conocimiento a las tareas de aplicación, además invierten esfuerzo para identificar estrategias cuando la tarea es difícil.

Los resultados expuestos por Jumari et al. (2018); Valeyeva et al. (2017) aportan en el diseño de andamios para fomentar las HM. No obstante, sus resultados son debatibles ya que dependen de la información auto-reportada por los estudiantes que puede estar distorsionada por fallas al recordar el uso de estrategias o fallas de la memoria durante la reconstrucción del momento de aprendizaje (Rogiers, Merchie & Van Keer, 2019). Más aún, las entrevistas y autocuestionarios no permiten conocer cuál es el comportamiento real del alumno durante la resolución de una tarea (Baten et al., 2017). Por lo anterior, estos hallazgos son cuestionables porque su única fuente es la información que el aprendiz brinda, por ende, "la precisión y validez depende del conocimiento que tiene el encuestado sobre su comportamiento" (Schellings, Van Hout-Wolters, Veenman & Meijer 2013, p. 964).

Así, las anteriores investigaciones poseen falencias metodológicas ya que no analizan las HM mientras que el estudiante de ingeniería aprende RP. En este orden de ideas, es pertinente encauzar trabajos que empleen herramientas para capturar si el alumno utiliza una habilidad durante la RP o cómo ejecuta su repertorio de HM; de esta forma, examinar los procesos dinámicos y reales que el estudiante de ingeniería ejecuta cuando emplea sus HM dentro de un contexto de RP (Wang, 2015). Más aún, este tipo de investigaciones permite reconocer el uso de HM durante la formación de ingenieros con el propósito establecer pautas instructivas y consolidar estrategias de enseñanza metacognitivas (Argelagós & Pifarré, 2009).

Por lo tanto, analizar los pensamientos en voz alta (PVA) que el estudiante verbaliza cuando aprende a resolver una tarea, permite describir las actividades metacognitivas y su interacción con características del entorno de aprendizaje (Schellings et al., 2013; Vandeveld, Van Keer, Schellings & Van Hout-Wolters, 2015). Más aún, los resultados alcanzados por PVA han demostrado ser mejores predictores del aprendizaje en comparación con herramientas como entrevistas y cuestionarios (Veenman, 2013).

Por ejemplo, Wang (2015) examinó las HM de estudiantes de ingeniería a través de un cuestionario y el análisis de PVA que los alumnos realizaron mientras resolvían una tarea de química que luego fue calificada, de esta manera, el autor halló una correlación de $r=0.55$ ($p<0.01$) entre los resultados del PVA y el rendimiento de la tarea, siendo mayor a la correlación que se obtuvieron con los valores del cuestionario y el desempeño ($r=0.39$, $p<0.01$). En este sentido, Wang (2015) establece que la información capturada mediante el PVA permite conocer el desempeño del alumno dado que es una herramienta para capturar la metacognición



concurrente. Igualmente, Desoete (2008) empleó el PVA para evaluar las HM de aprendices mientras resolvían pruebas sobre razonamiento matemático y facilidad numérica, así, el autor concluyó que el rendimiento matemático se asocia con las HM, específicamente con la habilidad de monitoreo.

En este sentido, en esta investigación se analiza la RM en estudiantes de ingeniería durante el aprendizaje de la RP, a través de la metodología de caso de estudio único donde un alumno de ingeniería industrial verbalizó sus PVA mientras aprendía RP en la asignatura de simulación de eventos discretos (SED). Este escenario fue seleccionado dado que le permite a un estudiante de ingeniería diseñar un modelo computacional de un sistema real y generar experimentos con el modelo diseñado con el fin de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del mismo (Shannon, 1998). Así, el presente estudio es diferente de los mencionados previamente ya que se examinan las HM mientras el estudiante de ingeniería resuelve una tarea de SED, dado que en este trabajo se emplea el PVA para capturar los pensamientos concurrentes del aprendiz.

2. Metodología

El presente estudio se deriva de la tesis doctoral “Participación de las habilidades metacognitivas durante el aprendizaje de la resolución de problemas en la asignatura de simulación de eventos discretos”. En este documento se presenta el análisis de un único estudiante mientras resolvía el problema “SAN DIMAS HIGH SCHOOL CAFETERIA” que fue tomado de (Harrell, Ghosh & Bowden, 2004).

El trabajo aquí descrito tiene un carácter cualitativo, en el cual se aplicó una metodología de estudio de caso único para explorar la RM que un estudiante exhibe durante la RP en una tarea de SED. El alumno pertenecía al programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira y estaba cursando la asignatura de SED en el segundo semestre del 2019.

Para obtener los datos, los autores utilizaron los PVA con el fin de capturar los pensamientos del estudiante mientras resolvía la tarea y los Logfile para obtener información detallada de las actividades manifestadas por el estudiante durante la simulación del problema en el computador, dichos pensamientos e información fueron transcritos teniendo en cuenta la nomenclatura de Candela (2001). En este sentido, se utilizó el doble paréntesis y la cursiva (*(cursiva)*) para hacer señalizaciones como comentarios del transcriptor, por ejemplo (*El estudiante relee*).

El análisis deductivo de las transcripciones se dio mediante una taxonomía de actividades metacognitivas construida y validada previamente por los autores, con la cual se codificó la información verbal y no verbal del estudiante considerando como categorías las habilidades de planeación-P, monitoreo-M y evaluación-E, seguidamente se identificaron patrones de comportamiento asociados a las HM (tabla 1) para construir la red semántica (figura 2) que permitió describir cómo las HM del estudiante participaron durante la RP.

Los patrones tienen el objetivo de evidenciar las actividades metacognitivas que recurrentemente el alumno utilizó para solucionar las tareas, de esta forma establecer cómo las HM asociadas a la



RM participan durante la RP. Estos patrones surgen de examinar toda la información que se obtuvo del estudiante analizado. Para identificar los patrones, se leyó la codificación de los fragmentos del PVA, después se buscaron conjuntos de actividades metacognitivas que ocurrían simultáneamente, así se contabilizó la recurrencia de estos conjuntos y, finalmente los conjuntos con una frecuencia alta son considerados patrones. A partir de los patrones identificados, fue posible evidenciar cómo el alumno utilizó las HM de planeación, monitoreo y evaluación para resolver la tarea.

3. Resultados

Tabla 1

Patrones de las HM de planeación, monitoreo y evaluación durante la RP

Patrón	HM	Actividades Metacognitivas	Ejemplos de fragmentos de patrón
1	Planeación - Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ● Elegir y/o seleccionar los materiales/ parámetros/ unidades importantes para la tarea (P) ● ● Autocuestionar (M) ● 	<ul style="list-style-type: none"> ● Se dice que ((El estudiante revisa las hojas)) Move For 5. Luego las cajas están en el refrigerador, entonces acá toca ponerle el SPLIT. Acá sale SPLIT 10, entidad cartón de leche y este proceso toma ((El estudiante revisa las hojas)) ● 6 minutos ¿no?, Wait 6 ●. Entonces luego las, quedaría como ● cartón de leche en el refrigerador, acá sería Wait 0 y sale cartón de leche con destino a la cafetería con un Move Logic después con un Move For de 0.5 ● ¿Ahí si es no? no, de 0.2 ●.
2	Planeación - Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ● Detectar errores (M) ● ● Tomar un enfoque correctivo (M) ● ● Elegir y/o seleccionar los materiales/ parámetros/ unidades importantes para la tarea (P) ● 	<ul style="list-style-type: none"> ● llega 1, primera vez 0, ocurrencias son 100 y 0.5 ¿no? ¿Era 0.5 minutos? ¿no? yo puse acá que eran 0.5 ((El estudiante revisa en la hoja)) ah no, si es 1 ●. Un estudiante ((El estudiante relee)) con un tiempo entre llegadas de 1 minuto. ● Entonces es 1, uy había puesto con coma y era con punto. Cada minuto, listo ●.
3	Planeación - Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> ● Identificar información para resolver el problema (P) ● ● Verificar la respuesta (E) ● 	<ul style="list-style-type: none"> ● Llegadas. Entonces llegan cajas a la recepción, llegan 10, 0, Ocurrencias 1, pues sin frecuencia ¿no? Pues porque pues porque no tenemos como tal ●. ● Y llegan estudiantes, no, pero los estudiantes si llegan a la cola ¿no? Porque ((El estudiante revisa en la hoja)) Si, entonces llegan a la cola estudiantes ●
4	Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> ● Autocuestionar (M) ● ● Releer información (M) ● 	<ul style="list-style-type: none"> ● ocurrencias son 100 y 0.5 ¿no? ¿Era 0.5 minutos? ¿no? yo puse acá que eran 0.5 ((El estudiante revisa en la hoja)) ah no, si es 1 ●. ● Un estudiante ● ((El estudiante relee)) con un tiempo entre llegadas de 1 minuto ●.
5	Monitoreo - Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> ● Autocuestionar (M) ● ● Verificar la respuesta (E) ● 	<ul style="list-style-type: none"> ● ¿Qué el estudiante haga la invitación? Pero es que igual, a ver JOIN, If JOIN ¿Si es con JOIN cierto? ((El estudiante revisa en la hoja)) no porque... sí porque no es con el Move Load ●.

Fuente: Elaboración propia a partir de lo expuesto por el estudiante



En la tabla 1 se presentan los patrones exhibidos por el estudiante al resolver la tarea. La primera columna identifica el número de cada patrón. La segunda columna de la tabla 1 contiene las HM relacionadas con las "Actividades Metacognitivas" que componen cada patrón, finalmente la tercera columna contiene un ejemplo donde se evidencia el patrón.

Las actividades metacognitivas que el estudiante usó se identifican con un símbolo (punto de color) en la segunda y tercera columna, además estos símbolos señalan el inicio y fin de la actividad metacognitiva correspondiente. Por ejemplo, en la tabla 1 patrón 1 está el fragmento:

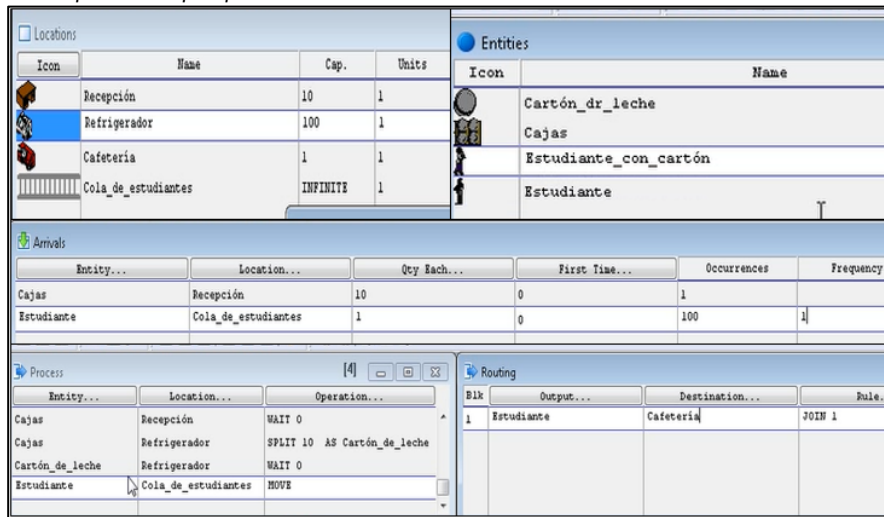
- Se dice que ((El estudiante revisa las hojas)) Move For 5. Luego las cajas están en el refrigerador, entonces acá toca ponerle el SPLIT. Acá sale SPLIT 10, entidad cartón de leche y este proceso toma ((El estudiante revisa las hojas)) ● 6 minutos ¿no?, Wait 6●●.
- Entonces luego las, quedaría como ● cartón de leche en el refrigerador, acá sería Wait 0 y sale cartón de leche con destino a la cafetería con un Move Logic después con un Move For de 0.5 ● ¿Ahí si es no?, de 0.2●●.

Donde el punto azul claro (●) representa la actividad ● Elegir y/o seleccionar los materiales/ parámetros/ unidades importantes para la tarea (P)● y el punto verde (●) indica la actividad ● Autocuestionar (M)●.

Los resultados del PVA revelaron que el alumno al modelar el problema inició con la lectura del enunciado (● Leer el enunciado del problema (P)●), reconoció que debía dibujar (● Hacer un dibujo para entender el problema (P)●) y demostró un patrón al releer el enunciado en varias ocasiones (● Releer información (M)●), así identificó información relevante como las locaciones, el tiempo de proceso y las entidades (● Identificar información para resolver el problema (P)●). El sujeto se preguntó repetidamente sobre lo que le faltaba (● Autocuestionar (M)●), además expresó que debería verificar la solución (● Verificar la respuesta (E)●). En ocasiones, el estudiante cometió (● Detectar errores (M)●) y corrigió (● Tomar un enfoque correctivo (M)●) errores de digitación. De manera progresiva el alumno designó todas las características adicionales de las locaciones como nombre, estado, destino (● Elegir y/o seleccionar los materiales/parámetros/unidades importantes para la tarea (P)●), las cuales le permitieron producir una solución final correcta (ver figura 1). La RP exitosa del estudiante requirió del conocimiento de estrategias de resolución de problemas, además de una disposición para plantearlos y resolverlos (Akben, 2018). En este sentido, las HM son esenciales para el éxito del aprendizaje y son un repertorio de estrategias que permiten a los estudiantes planificar, monitorear y evaluar su aprendizaje (Schraw, 1998).



Figura 1
Modelado del problema por parte del estudiante

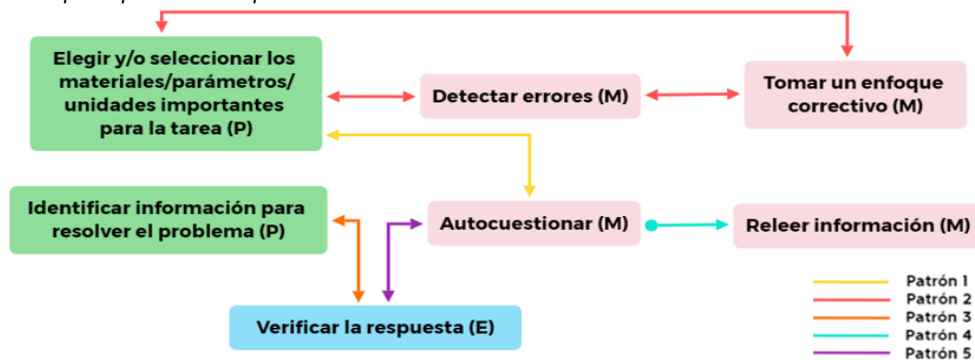


Fuente: Elaboración propia a partir de lo expuesto por el estudiante

Los patrones de la tabla 1 facilitaron generar una red semántica (ver figura 2) que representa la participación de las HM, asociadas a la RM, que el estudiante utilizó durante la RP. En particular, la figura 2 señala los patrones mediante arcos de colores y el respectivo número de la tabla 1, por ejemplo, el patrón 5 está representado por el enlace de color morado entre las actividades Autocuestionar (M) y Verificar la respuesta (E).

Así mismo, en la figura 2 se codifican las actividades metacognitivas mediante cuadros de colores dependiendo de la HM relacionada, de esta forma, los rectángulos verdes señalan Planeación, los rosados son asociados el Monitoreo y los azules están adjudicados a Evaluación. Además, el nombre de cada actividad metacognitiva tiene al final la inicial de la HM correspondiente, por ejemplo, "Autocuestionar (M)" indica que la actividad hace referencia al monitoreo metacognitivo. La red semántica (ver figura 2) permitió describir el uso por parte del estudiante de ciertas HM dirigidas al logro del objetivo y éxito en la resolución del problema.

Figura 2
Red semántica que representa los patrones de HM



Fuente: Elaboración propia a partir de lo expuesto por el estudiante



La HM de planeación y monitoreo participa simultáneamente cuando el estudiante determina las características del sistema que modela (*Elegir y/o seleccionar los materiales/ parámetros/ unidades importantes para la tarea (P)*) mediante el autocuestionamiento (*Autocuestionar (M)*). Más aún, el aprendiz en ocasiones reconoce falencias en la programación realizada (*Detectar errores (M)*), así que busca corregirlas (*Tomar un enfoque correctivo (M)*).

Igualmente, la HM de planeación se presenta cuando el estudiante reconoce la información relevante del problema (*Identificar información para resolver el problema (P)*) que, usualmente verifica con la HM de evaluación (*Verificar la respuesta (E)*). La habilidad de monitoreo participa en los momentos que el aprendiz reconoce fallas a través de la formulación de preguntas (*Autocuestionar (M)*) y búsqueda de argumentos mediante la relectura del problema (*Releer información (M)*). Sumado a esto, el monitoreo interactúa simultáneamente con la evaluación ya que el alumno verifica datos (*Verificar la respuesta (E)*) al plantearse cuestiones (*Autocuestionar (M)*). De esta forma, las tres HM participan mientras el alumno resuelve un problema en la asignatura de SED.

Los patrones expuestos y representados mediante la figura 2 permiten reconocer la secuencia en que participan las HM durante la RP, de esta manera, se pueden establecer procesos metacognitivos que contribuyen al aprendizaje en estudiantes de ingeniería. En particular, los hallazgos son similares a los presentados en Argelagós & Pifarré (2009) donde los autores reportan que un alumno de ingeniería resuelve eficazmente una tarea mediante análisis estratégico de la información, la adaptación a las demandas situacionales mediante el monitoreo del desempeño y la revisión de la respuesta brindada.

Los resultados expuestos sugieren que la HM de monitoreo es esencial durante la RP del estudiante de ingeniería, siendo esto divergente a lo expuesto en Schellings et al. (2013) quien señala que los alumnos reportaron en sus verbalizaciones mayor uso de la HM de evaluación durante la lectura de textos. Lo anterior puede explicarse por las diferencias en las demandas de las tareas (Wang, 2015), ya que en el presente estudio se solicitó al alumno modelar un sistema mediante el paradigma de simulación. En este sentido, se podría afirmar que el aprendizaje de la RP en la asignatura de SED conlleva principalmente la HM de monitoreo debido a las características de los problemas en ingeniería que exigen al aprendiz múltiples métodos de solución y representación (Jumari et al., 2018).

Específicamente, la figura 2 exhibe que el estudiante monitoreo mediante la actividad "autocuestionar" en cuatro de los cinco patrones. Por ende, el alumno recurrentemente se preguntó a sí mismo sobre los parámetros de la tarea para resolver exitosamente el problema. Este comportamiento y el resultado en su RP es coherente con lo reportado en Gidalevich & Kramarski (2018) donde los autores demostraron que los aprendices que formulan preguntas autodirigidas a la planeación, monitoreo y reflexión, son conscientes de las estrategias de RP, además mejoran su capacidad para relacionar las particularidades de la tarea y mecanismo de solución.

Igualmente, es posible afirmar que el alumno utilizó el autocuestionamiento como una estrategia para impulsar actividades de planeación (patrón 1), monitoreo (patrón 4) y evaluación (patrón 5). Esto es similar a lo afirmado por Conner (2007) quienes señalan que los interrogantes propios



inducen a que los estudiantes planeen y monitoreen su aprendizaje. Más aún, el exitoso desempeño del alumno aquí analizado se podría explicar por su frecuente utilización del “autocuestionamiento” ya que investigaciones previas (King, 1989) han expuesto que los estudiantes instruidos mediante estrategias de auto-preguntas tienen un desempeño significativo superior a alumnos que no viven este tipo de intervenciones.

4. Conclusiones

Con el presente estudio se ha analizado la participación de las HM asociadas a la RM en el aprendizaje de la RP en la SED, mediante el uso de PVA y Logfile, los cuales brindaron información para evidenciar los patrones que el estudiante empleó durante el desempeño de la tarea y aportaron a su aprendizaje. Los patrones exhiben las HM (planeación-monitoreo-evaluación), que el alumno utilizó durante la RP como: seleccionar los parámetros, identificar información, detectar errores y corregirlos, releer, verificar y autocuestionarse; con las que logró resolver la tarea de SED.

El análisis ejecutado permitió reconocer cómo el estudiante resolvió un problema de SED, en este sentido, se identificaron algunas pautas que los docentes pueden utilizar para diseñar oportunidades de formación que fomenten la participación de las HM asociadas a la RM. En particular, los autores del presente trabajo señalan que la estrategia de autocuestionamiento es apropiada para reconocer las características del problema, fallas en el procesamiento de información y la evaluación de los resultados, tal como lo demostró el alumno mediante las verbalizaciones presentadas en la tabla 1 y patrones de la figura 2. Una forma para implementar estas pautas puede ser los andamios en las actividades, es decir, la adición de preguntas, consejos o mensajes cortos dentro de la tarea con la finalidad de recordar a los estudiantes la importancia de autocuestionar su proceso o desempeño (Argelagós & Pifarré, 2009).

En futuros trabajos, los autores analizarán exhaustivamente el aprendizaje de la RP de varios alumnos de ingeniería en la SED, de esta forma, obtener mayor evidencia empírica que permita reconocer patrones metacognitivos que los alumnos demuestren durante el éxito o fracasos en la RP. Igualmente, se plantean que futuras investigaciones pueden analizar la participación de las HM en el aprendizaje de la RP considerando el conocimiento y experiencias metacognitivas, así considerar los diferentes constructos que permiten comprender la ocurrencia de las HM en estudiantes de ingeniería.

5. Referencias

Artículos de revistas

- Akben, N. (2018). Effects of the Problem-Posing Approach on Students' Problem Solving Skills and Metacognitive Awareness in Science Education. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9726-7>
- Alibali, M. W., Brown, S. A., & Menendez, D. (2019). Understanding Strategy Change: Contextual, Individual, and Metacognitive Factors. *Advances in Child Development and Behavior*. <https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2018.11.004>



- Arteaga-Martínez, B., Macías, J., & Pizarro, N. (2020). La representación en la resolución de problemas matemáticos: un análisis de estrategias metacognitivas de estudiantes de secundaria. *Uniciencia*, 34(1), 263–280. <https://doi.org/10.15359/ru.34-1.15>
- Azevedo, R., Moos, D. C., Johnson, A. M., & Chauncey, A. D. (2010). Measuring cognitive and metacognitive regulatory processes during hypermedia learning: Issues and challenges. *Educational Psychologist*, 45(4), 210–223. <https://doi.org/10.1080/00461520.2010.515934>
- Baten, E., Praet, M., & Desoete, A. (2017). The relevance and efficacy of metacognition for instructional design in the domain of mathematics. *ZDM - Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0851-y>
- Conner, L. N. (2007). Cueing metacognition to improve researching and essay writing in a final year high school biology class. *Research in Science Education*, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11165-004-3952-x>
- Desoete, A. (2008). Multi-method assessment of metacognitive skills in elementary school children: How you test is what you get. *Metacognition and Learning*, 189–206. <https://doi.org/10.1007/s11409-008-9026-0>
- Gidalevich, S., & Kramarski, B. (2018). The value of fixed versus faded self-regulatory scaffolds on fourth graders' mathematical problem solving. *Instructional Science*. <https://doi.org/10.1007/s11251-018-9475-z>
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48(4), 63–85. <https://doi.org/10.1007/BF02300500>
- Jumari, N. F., Mohd-Yusof, K., & Phang, F. A. (2018). Metacognitive development in engineering students through cooperative problem based learning (CPBL). *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 627, 107–120. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60937-9_9
- King, A. (1989). Effects of self-questioning training on college students' comprehension of lectures. *Contemporary Educational Psychology*, 14, 366–381. [https://doi.org/10.1016/0361-476X\(89\)90022-2](https://doi.org/10.1016/0361-476X(89)90022-2)
- Lin, J., Kong, Q., Mao, W., & Wang, L. (2019). A topic enhanced approach to detecting multiple standpoints in web texts. *Information Sciences*, 501, 483–494. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.05.068>
- McAuliffe, M. (2016). The potential benefits of divergent thinking and metacognitive skills in STEAM learning: A discussion paper. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 2(3).
- Özyurt, Ö. (2015). Examining the critical thinking dispositions and the problem solving skills of computer engineering students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(2), 353–361. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1342a>
- Rogiers, A., Merchie, E., & Van Keer, H. (2019). What they say is what they do? Comparing task-specific self-reports, think-aloud protocols, and study traces for measuring secondary school students' text-learning strategies. *European Journal of Psychology of Education*. <https://doi.org/10.1007/s10212-019-00429-5>
- Sanmartí, N., & Alimenti, G. (2004). La evaluación refleja el modelo didáctico análisis de actividades de evaluación planteadas en clases de química. *Educación Química*. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.2.66198>
- Schellings, G. L. M., Van Hout-Wolters, B. H. A. M., Veenman, M. V. J., & Meijer, J. (2013). Assessing metacognitive activities: the in-depth comparison of a task-specific questionnaire with think-aloud protocols. *European Journal of Psychology of Education*, 963–990. <https://doi.org/10.1007/s10212-012-0149-y>
- Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. 26, 113–125.
- Schraw, G., & Dennison, R. S. (1994). Assessing metacognitive awareness. In *Contemporary Educational Psychology* (Vol. 19, Issue 4, pp. 460–475). <https://doi.org/10.1006/ceps.1994.1033>
- Shannon, R. E. (1998). Introduction to the art and science of simulation. 7–14
- Valeyeva, E., Kupriyanov, R. V., Valeyeva, N. S., Romanova, G., & Nugmanova, D. R. (2017). The role



- of metacognitive skills in engineering education. 2017 ASEE International Forum.
- Vandeveld, S., Van Keer, H., Schellings, G., & Van Hout-Wolters, B. (2015). Using think-aloud protocol analysis to gain in-depth insights into upper primary school children's self-regulated learning. *Learning and Individual Differences*, 43, 11–30. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.08.027>
 - Veenman, M. V. J., Van Hout-Wolters, B. H. A. M., & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, 3–14. <https://doi.org/10.1007/s11409-006-6893-0>
 - Wang, C. Y. (2015). Exploring general versus task-specific assessments of metacognition in university chemistry students: A multitrait-multimethod analysis. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9436-8>
 - Wilson, N. S., & Bai, H. (2010). The relationships and impact of teachers' metacognitive knowledge and pedagogical understandings of metacognition. *Metacognition and Learning*, 5(3), 269–288. <https://doi.org/10.1007/s11409-010-9062-4>

Libros

- Avargil, S., Lavi, R., & Dori, Y. J. (2018). Students' Metacognition and Metacognitive Strategies in Science Education. In *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education Learning, Teaching and Assessment* (pp. 33–64).
- Candela, A. (2001). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la Argumentación y el consenso.*
- Harrell, C., Ghosh, B., & Bowden, R. (2004). *Simulation Using ProModel, Second Edition.*
- Orrego, M., Tamayo, O., & Ruíz, F. (2016). *Unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias.* (L. Obando, Ed.). Manizales: Editorial Universidad Autónoma de Caldas.
- Santos-Trigo, L. M. (2014). *The Resolution of Mathematical Problems: Fundamentos Cognitivos / Cognitive Fundamentals.*
- Veenman, M. V. J. (2013). Assessing Metacognitive Skills in Computerized Learning Environments. In *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies* (pp. 157–169).

Memorias de congresos

- Argelagós, E., & Pifarré, M. (2009). Evaluating the use of metacognitive skills in information problem solving activities. *Proceedings of the IADIS International Conference E-Learning 2009, Part of the IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems, MCCSIS 2009, 2, 105–109.*

Sobre los autores

- **María Elena Bernal Loiza:** Ing. de Sistemas, M.Sc Investigación Operativa y Estadística, M.Sc Administración del Desarrollo Humano y Organizacional, Candidata Doctorado en Didáctica. Profesora Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Tecnológica de Pereira.
- **Manuela Castaño Ramírez:** Estudiante Ingeniería Industrial. Facultad de Ciencias Empresariales. Universidad Tecnológica de Pereira.
- **Manuela del Pilar Gómez Suta:** Ingeniera Industrial. M.Sc Investigación Operativa y Estadística. Profesora Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Tecnológica de Pereira.
- **Rosario Iodice:** PhD en Neurociencias. Docente Universidad Católica de Pereira.



Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

