



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



HERRAMIENTAS PARA EVALUAR LAS HABILIDADES METACOGNITIVAS EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA AL RESOLVER PROBLEMAS EN SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

**María Elena Bernal Loaiza,
Manuela del Pilar Gómez Suta, Luz
María Ochoa Salinas, Manuela
Castaño Ramírez**

**Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia**

Rosario Iodice

**Universidad Católica de Pereira,
Pereira, Colombia**

Resumen

El documento expone cómo emplear las herramientas tecnológicas archivo de registro (LogFile) junto con el protocolo en voz alta (PVA) para construir una taxonomía de Habilidades Metacognitivas (HM) que soporte la evaluación de las HM que los estudiantes de ingeniería emplean durante la resolución de problemas (RP). Se analizan las HM dada su relevancia en el aprendizaje de los estudiantes, al pertenecer al repertorio adquirido de conocimientos procedimentales que permiten monitorear y controlar el aprendizaje durante la resolución de una tarea. Se plantea la RP en el contexto de la de simulación de eventos discretos (SED), al ser un área del conocimiento ingenieril enfocada en la modelación computacional de sistemas dinámicos de la vida real.

Se ha empleado el método de comparación constante para la construcción de la taxonomía de HM. Dicha construcción ha requerido la revisión de literatura sobre las actividades asociadas a las HM, el análisis del sentido semántico de las HM mismas y búsqueda de evidencia probatoria de dichas actividades al emplear el LogFile dado que es un instrumento evaluativo utilizado en entornos de aprendizaje basado en computadora como es la SED, simultáneamente se ha aplicado el PVA para grabar a los estudiantes cuando resolvían una tarea de SED mientras verbalizaban sus pensamientos, de esta forma se obtuvo información cualitativa sobre las HM usadas durante la RP que permitió construir una taxonomía de HM.

Los resultados obtenidos pueden brindar a los docentes conocimiento sobre cómo construir una taxonomía para evaluar las HM aprovechando la tecnología que proporciona información relevante que les permita diseñar procesos de formación que fomenten el uso de las HM en los estudiantes.

Palabras clave: evaluación; habilidades metacognitivas; resolución de problemas

Abstract

This paper shows how to use technological tools such as LogFile, together with the Loud Voice Protocol to build a taxonomy of Metacognitive Skills which supports the evaluation of the Metacognitive skills used by the engineering students during problem solving tasks. The Metacognitive skills are analyzed given their relevance in the students' learning process, since they belong to the acquired repertoire of procedural knowledge which allow for the monitoring and control of learning during a task solving process. Solving Problem is put forth within the context of Discrete Event Simulation (DES), since this is an area of engineering pertinence focused on computational modeling of dynamic systems in real life.

The method of constant comparison has been used for the construction of the Metacognitive Skills taxonomy. Such construction has required the revision of literature concerning the activities associated with the Metacognitive Skills, the analysis of the semantic sense of those metacognitive skills, and the search for experimental evidence of such activities in the use of the LogFile, since it is an assessment tool employed in computer-based learning environments, as it is the case of Discrete Events Simulation (DES); it has simultaneously been used in the Loud Voice Protocol (LVP) to record the students when they were solving a DES task while verbalizing their thoughts. As a result, qualitative information was obtained concerning the MS used during the problem solving process, which allowed for the construction of a taxonomy tool of metacognitive skills.

The results found may provide teachers with knowledge about how to build a taxonomy to evaluate the metacognitive skills, taking advantage of technology which offer relevant information leading to the design of formation processes that ultimately foster the students' use of metacognitive skills.

Keywords: evaluation; metacognitive skills; problem resolution

1. Introducción

Desde la ingeniería, un área del conocimiento que conlleva la RP es la SED porque al resolver un problema se describe el comportamiento del sistema de interés a partir de un modelo (Meloni, Constable, Giró, & Vázquez, 2017) que puede llevarse a un modelo de simulación para experimentar con el mismo. Ståhl (2016) define la SED como el proceso de RP que consiste en que el estudiante "formule la pregunta a responder, delimite el sistema problema, profile el modelo de forma gráfica, recopile los datos necesarios, codifique el programa computacional, valide y verifique la implementación computacional desarrollada, documente y ejecute el programa un

número suficiente de veces, realice el análisis estadístico para extraer conclusiones significativas y presente los resultados en una forma adecuada” (p. 11).

La formación de un adecuado resolutor de problemas consiste en conocer el proceso de RP e identificar cuándo y cómo ejecutarlo, así el rol de las HM es esencial, no obstante, los estudiantes poseen dificultades para emplearlas (Van der Stel & Veenman, 2014). Por lo anterior, es relevante que los docentes reconozcan la forma en cómo sus estudiantes resuelven problemas empleando las HM, de esta manera, recolecten y analicen información que les facilite el diseño de escenarios de aprendizaje apropiados (Baten et al., 2017).

En consecuencia, es esencial que los docentes cuenten con las herramientas de evaluación adecuadas para describir cómo los estudiantes resuelven problemas empleando HM (Veenman, 2011), más aún que dichas herramientas permitan capturar información de actividades de RP similares a las que los futuros profesionales deberán responder. Es así como las herramientas tecnológicas han sido comprendidas como un medio importante para facilitar la evaluación de las HM de los estudiantes porque permiten acceder a datos sobre diferentes aspectos del aprendizaje, proporcionando a los docentes información para mejorar su enseñanza y retroalimentar el desempeño de los alumnos.

Una taxonomía de actividades metacognitivas tiene como finalidad clasificar grupos de características similares con el fin de evaluar las HM que el estudiante ejecuta al desempeñar una tarea. En la actualidad existen taxonomías de actividades metacognitivas para evaluar tareas que requieren comprensión de texto, habilidades en física, historia, entre otros, pero no hay taxonomías de actividades metacognitivas que permitan valorar las HM que un estudiante emplea al resolver tareas relacionadas con la SED. La anterior afirmación se sustenta después de buscar en bases de datos (Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Springer Link, SAGE Journals), mediante una ecuación que relacionaba los términos de interés tales como: metacognitive skills AND problem resolution AND taxonomy of metacognitive activities AND discrete event simulation, así se hallaron cero resultados, considerando que la última fecha de búsqueda fue el 13 de junio de 2019.

En este orden, el presente documento expone cómo construir una taxonomía de HM empleando la herramienta tecnológica LogFile junto con el PVA que soporte la evaluación de las HM que usan los estudiantes de ingeniería durante la RP. Los hallazgos aquí presentados son un resultado parcial de la tesis doctoral *“Incidencia de las habilidades metacognitivas en el aprendizaje de la resolución de problemas mediante la simulación de eventos discretos”*.

2. Elementos clave

RP: Se basa en la generación de un método de búsqueda donde el estudiante cuestiona, indaga, representa y explora el comportamiento de objetos a partir de recursos y estrategias que son consistentes con el quehacer de la disciplina, es decir, una idea fundamental es considerar la RP como una forma de pensar donde el estudiante continuamente tiene que desarrollar diversas habilidades, entre las que se encuentran las HM (Santos Trigo, 2014).

HM: Pertenecen al repertorio adquirido de conocimiento de procedimientos para monitorear, guiar y controlar el aprendizaje y la conducta de RP (Veenman, 2011). Las HM son importantes en el aprendizaje de los estudiantes e inciden en su rendimiento (Orrego et al., 2016) porque les permite obtener un conocimiento procedimental para monitorear y controlar el aprendizaje. La presencia de las HM se da mediante la interacción de diferentes componentes metacognitivos, como lo es la **regulación metacognitiva (RM)** que es el conjunto de actividades que ayudan al estudiante a monitorear y controlar su proceso de formación (Schraw, 1994; Wang, 2015). Los componentes de la RM (Orrego et al., 2016) se pueden observar en la Figura 1.



Figura 1. Categorías de la Regulación Metacognitiva. Fuente: Autores.

SED: Es el área del conocimiento que trata la modelación computacional de la dinámica de un sistema que se ejecuta por una secuencia ordenada de sucesos discretos (Banks et al., 2010). Ståhl (2016) la define como el proceso de RP donde se diseña un modelo de un sistema real y se ejecutan experimentos con este modelo para comprender el comportamiento del sistema y/o evaluar diversas estrategias.

PVA: Es un instrumento que permite obtener información sobre los pensamientos concurrentes del estudiante mientras este desarrolla una tarea de aprendizaje (Van der Stel & Veenman, 2014). El PVA sirve para grabar (formato audio-video) al estudiante durante la ejecución de una tarea en la cual, el aprendiz verbaliza todo lo que piensa mientras desarrolla el reto cognitivo.

LogFile: Este instrumento es empleado en el entorno de aprendizaje basado en computadora como es la SED, ya que permite obtener rastros de las actividades metacognitivas manifiestas del alumno durante el desempeño de la tarea en la computadora (Veenman, 2013). El LogFile se hace simultáneamente con el PVA para capturar los pensamientos del estudiante mientras ejecuta la tarea computarizada, lo anterior en búsqueda de que los datos a recopilar representen indicios de HM (Van der Stel & Veenman, 2014).

Taxonomía de HM: Es un sistema de codificación que consiste en un conjunto organizado de términos que se usan comúnmente para estructurar el contenido (Carrion et al, 2018), por ende, facilita el procesamiento de la información de las HM capturada mediante el LogFile y el PVA. Una

taxonomía permite describir las HM asociadas a la ejecución de la tarea de interés (Meijer et al., 2006). La construcción de una taxonomía conlleva una metodología para garantizar que sea una adecuada herramienta en la codificación de actividades metacognitivas durante la RP en SED.

3. Metodología

El proyecto sigue la propuesta de Meijer et al. (2006) para la construcción de la taxonomía de HM, al emplear el método de comparación constante, que según Cuñat (2007), trata la comparación y análisis sistemático de información para encontrar patrones a través de la saturación de datos y no la prueba o verificación de hipótesis previamente establecidas.

Las actividades ejecutadas fueron: recolectar descripciones elaboradas de actividades metacognitivas en tareas similares a las vivenciadas durante la RP en la SED; agrupar cada actividad identificada en los componentes de la RM de Planeación, Monitoreo y Evaluación, siendo estos componentes las categorías de interés en la investigación; analizar el sentido semántico de las actividades agrupadas con ayuda de la base de conocimiento de la Real Academia Española (RAE); buscar apoyo probatorio para las agrupaciones establecidas, al procesar nuevos datos capturados mediante el LogFile y el PVA de algunos estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira que se encontraban cursando la asignatura de SED. Los participantes del proyecto fueron seleccionados de forma intencionada por los autores del presente escrito. A continuación, se describen las etapas de la propuesta.

Etapas 1: Recolección de descripciones elaboradas de actividades metacognitivas en tareas similares a las vivencias durante la RP en la SED

Se acudió a fuentes especializadas, artículos y trabajos en relación al tipo de taxonomía que se deseaba diseñar. Así, se revisó la documentación de diferentes autores y se recolectaron 200 actividades metacognitivas, estas se analizaron para filtrar aquellas no relacionadas con una tarea de aprendizaje en un entorno computacional, en este orden, se obtuvo un listado de 140 actividades.

Etapas 2: Agrupación de actividades identificadas en las categorías de interés

El listado obtenido se clasificó en relación a las categorías de interés: Planeación, Monitoreo y Evaluación. Esta asignación se hizo al seguir la categoría que el autor daba a cada actividad, por ejemplo, Meijer et al. (2006) establece que la actividad “*explicar estrategias y justificar*” pertenece a la categoría de Evaluación, por ende, en el proyecto dicha actividad se codificó en la categoría previamente nombrada.

Finalmente, se llegó a un listado de 39 actividades repartidas de la siguiente forma: Planeación (7), Monitoreo (26) y Evaluación (6).

Etapas 3: Análisis semántico de las actividades agrupadas

Consistió en buscar el sentido semántico de las actividades agrupadas, con ayuda de la base de conocimiento RAE. Así se obtuvo una descripción más detallada de las actividades. La Tabla 1 muestra algunas de las actividades pertenecientes a la categoría de Evaluación, en esta se indica su respectivo autor y las definiciones extraídas de la RAE.

Tabla 1. Taxonomía - Algunas de las actividades de la categoría de Evaluación. Fuente: Autores

| Autor | Actividad | Definiciones extraídas RAE |
|-------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Meijer et al., 2006 | EXPLICAR ESTRATEGIAS Y JUSTIFICAR | Explicar: Declarar, manifestar, dar a conocer lo que alguien piensa. Estrategia: En un proceso regulable, conjunto de las reglas que aseguran una decisión óptima en cada momento. Justificar: Probar algo con razones convincentes, testigos o documentos. |
| Wang, 2015 | EXTRAER UNA CONCLUSIÓN | Extraer: Poner algo fuera de donde estaba. Conclusión: Idea a la que se llega después de considerar una serie de datos o circunstancias. |
| De Backer, 2012 | RECAPITULAR Y RESUMIR LAS RESPUESTAS | Recapitular: Recordar sumaria y ordenadamente lo que por escrito o de palabra se ha manifestado con extensión. Resumir: Reducir a términos breves y precisos, o considerar tan solo y repetir abreviadamente lo esencial de un asunto o materia. Respuesta: Efecto que se pretende conseguir con una acción; satisfacción a una pregunta, duda o dificultad. |
| Van der Steal & Veenman, 2014 | VERIFICAR LA RESPUESTA | Verificar: Comprobar o examinar la verdad de algo. Respuesta: Satisfacción a una pregunta, duda o dificultad. |

Etapas 4: Búsqueda de apoyo probatorio

Para esto se seleccionaron cuatro estudiantes de Ingeniería Industrial que se encontraban cursando la asignatura SED. Seguidamente se pidió su consentimiento de forma escrita para capturar y analizar su proceso de RP en la SED.

Una vez adquirido el consentimiento, a cada estudiante se le entregó una prueba de conocimiento de SED basada en RP, dicha prueba se debía desarrollar mediante el software ProModel que es una herramienta computacional de simulación con optimización plenamente integrada. Debido a que la realización de la prueba se presentó en un ambiente computacional, fue indispensable utilizar el LogFile para evidenciar el proceso de RP del estudiante; adicionalmente, se empleó el PVA para capturar en vídeo la verbalización de los pensamientos del estudiante. Después se transcribió la información recopilada en el vídeo del PVA y las observaciones evidenciadas en el LogFile.

Posteriormente, se reunió un grupo de revisores con experiencia en RP y HM, se le solicitó a cada uno de forma individual analizar una misma transcripción, siguiendo la taxonomía diseñada. El análisis de la información se realizó por medio del software ATLAS.ti que sirve para el estudio cualitativo de grandes cuerpos de datos textuales. Cada revisor subrayó los fragmentos (o incidencias que son las citas textuales brindadas por el estudiante) de la transcripción y asignó un código a la cita con el nombre de la actividad contenida en una de las tres categorías, dicha asignación se da a juicio del revisor. El proceso descrito se evidencia en la Figura 3.

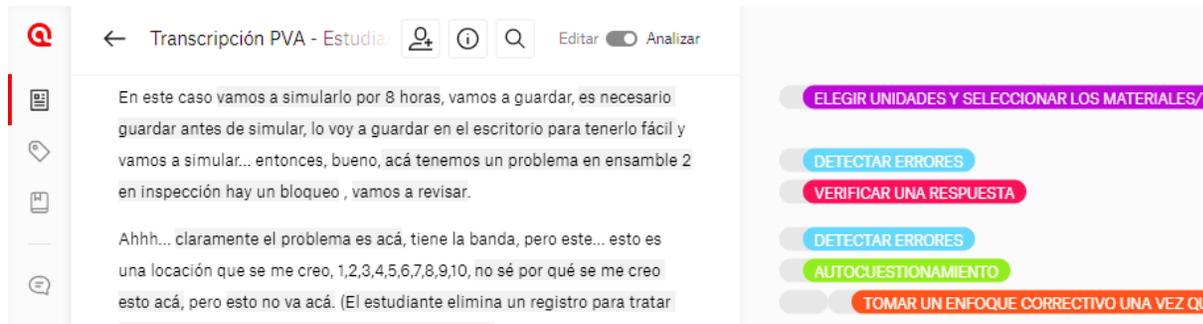


Figura 3. Análisis de transcripción PVA y observaciones LogFile en el Software Atlas.ti. Fuente: Autores.

Después se reconocieron los incidentes que fueron etiquetados con la misma actividad, seguido se buscaron los significados en la RAE de las palabras que conformaban la incidencia. Así, se estableció una relación semántica entre la incidencia y actividad asociada con el fin de hallar patrones que permitieran caracterizar las HM que emplearon los estudiantes durante la RP en la SED. La consecución de estos patrones facilitó la construcción de la propiedad por cada actividad, que tiene como finalidad facilitar el estudio de la relación entre las HM y el proceso de aprendizaje del estudiante.

4. Resultados

Con el empleo de la herramienta tecnológica LogFile junto con el PVA, se construyó una taxonomía de HM que permite reconocer las HM que un estudiante usa durante la RP relacionados con la SED. En la Tabla 2 se presenta un ejemplo de la taxonomía, en específico se expone una actividad de la categoría de Evaluación.

Tabla 2. Ejemplo Taxonomía. Fuente: Autores.

| Actividad | Definición extraída RAE - Actividad | Incidencia/Fragmento | Definición extraída RAE - Incidencia | Memo de análisis | Propiedad de la actividad |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EXPLICAR ESTRATEGIAS Y JUSTIFICAR | <p>Explicar: Declarar o exponer cualquier materia, doctrina o texto difícil, con palabras muy claras para hacerlos más perceptibles; Dar a conocer la causa o motivo de algo.</p> <p>Estrategias: En un proceso regulable, conjunto de las reglas que aseguran una decisión óptima en cada momento; Arte, traza para dirigir un asunto.</p> <p>Justificar: Probar algo con razones convincentes, testigos o documentos; Rectificar o hacer justo algo.</p> | vamos a <u>acomodar</u> esto acá un poquito por <u>razones</u> de <u>estética</u> <u>para que</u> se vea un poco <u>mejor</u> | <p>Acomodar: Disponer, preparar o arreglar de modo conveniente.</p> <p>Razones (razón): Argumento o demostración que se aduce en apoyo de algo.</p> <p>Estética: Pertenciente o relativo a la percepción o apreciación de la belleza. Para que: Para indicar la finalidad o el propósito de algo. Mejor: Preferible o más conveniente.</p> | El estudiante verbaliza la justificación (razones) para realizar una acomodación estética del contenido, dicha justificación se identifica cuando el estudiante emplea el término "para que" | Las incidencias asociadas con esta actividad se caracterizan porque el estudiante narra o describe algún tipo de estrategia que va a ejecutar (acomodar elementos en el contenido, modificar características del sistema, realizar algún tipo específico de experimento, metodología para dar respuesta a la tarea), además justifica la estrategia al emplear palabras claves como: "para", "porque", "para que" y dependiendo el sentido de la oración "entonces". |

5. Conclusiones

El presente trabajo genera una base sobre la cual más estudios puedan apoyarse al momento de construir una taxonomía de actividades metacognitivas. El ejercicio de revisar taxonomías existentes permite reconstruir nuevas taxonomías y con la ayuda de las herramientas de evaluación LogFile y PVA se garantiza que la información recolectada sea verídica en relación con las HM que los estudiantes realmente utilizan durante la RP en la SED.

El uso de las herramientas de evaluación LogFile y PVA mientras un estudiante está resolviendo una tarea, les proporciona a los docentes información con la cual podrán mejorar su enseñanza y retroalimentar el desempeño de los alumnos.

La utilización de la taxonomía con la ayuda de las herramientas LogFile y PVA proporcionará información de patrones secuenciales de actividades metacognitivas que permitirán describir el proceso de aprendizaje del estudiante y establecer la relación entre las HM y el desempeño del estudiante.

6. Referencias

- Banks, J., Nelson, B., Carson, J., & Nicol, D. (2010). *Discrete Event System Simulation*. PrenticeHall international series in industrial and systems engineering. <https://doi.org/10.2307/1268124>
- Baten, E., Praet, M., & Desoete, A. (2017). The relevance and efficacy of metacognition for instructional design in the domain of mathematics. *ZDM - Mathematics Education*, 49(4), 613–623. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0851-y>
- Carrion, B., Onorati, T., Diaz, P. (2018). Designing a Semi-automatic Taxonomy Generation Tool. In 22nd International Conference Information Visualisation, 266-271. <https://doi.org/10.1109/iV.2018.00053>
- Cuñat, R. (2007). Aplicación de la Teoría Fundamentada (Grounded Theory) al estudio del proceso de creación de Empresas. *Decisiones Globales*, 1–13.
- Meijer, J., Veenman, M., & Van Hout-Wolters, B. (2006). Metacognitive activities in text-studying and problem-solving: Development of a taxonomy. *Educational Research and Evaluation*, 12(3), 209–237. <https://doi.org/10.1080/13803610500479991>
- Meloni, B., Constable, L., Giró, J., & Vázquez, J. (2017). La simulación por computadora como estrategia didáctica para la enseñanza de la complejidad algorítmica. In *XII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*. In Tenerife, España.
- 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). La resolución de problemas matemáticos: fundamentos cognitivos. México, México: Trillas, Asociación Nacional de Profesores de Matemáticas.
- Ståhl, I. (2016). Discrete event simulation on the macintosh for business students-AGPSS and alternatives. In *Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference* (pp. 3393–3404).
- Schraw, G., & Dennison, R. (1994). Assessing Metacognitive Awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 460–475. <https://doi.org/10.1006/ceps.1994.1033>
- Van der Stel, M., & Veenman, M. (2014). Metacognitive skills and intellectual ability of young adolescents: a longitudinal study from a developmental perspective. *European Journal of Psychology of Education*, 29(1), 117–137. <https://doi.org/10.1007/s10212-013-0190-5>
- Veenman, M. (2011). Learning to self-monitor and self-regulate. In R. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of research on learning and instruction* (pp. 197–219). New York: Taylor & Francis.
- Veenman, M. (2013). Assessing metacognitive skills in computerized learning environments. In R. Azevedo & V. Aleven (Eds.), *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies*. (vol 26., pp. 157–168). Springer Science+Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5546-3>

- Wang, C. (2015). Exploring general versus task-specific assessments of metacognition in university chemistry students: A multitrait-multimethod analysis. *Research in Science Education*, 45(4), 555–579. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9436-8>

Sobre los autores

- **María Elena Bernal Loaiza:** Ing. de Sistemas, M.Sc Investigación Operativa y Estadística, M.Sc Administración del Desarrollo Humano y Organizacional, Candidata Doctorado en Didáctica. Profesora Titular Universidad Tecnológica de Pereira. mbernal@utp.edu.co
- **Manuela del Pilar Gómez Suta:** Ingeniera Industrial. Estudiante de Maestría en Investigación Operativa y Estadística. Universidad Tecnológica de Pereira. madegomez@utp.edu.co
- **Manuela Castaño Ramírez:** Estudiante Ingeniería Industrial. Facultad de Ciencias Empresariales. Universidad Tecnológica de Pereira. manuela.castano@utp.edu.co
- **Luz María Ochoa Salinas:** Estudiante Ingeniería Industrial. Facultad de Ciencias Empresariales. Universidad Tecnológica de Pereira. luzmariaochoa97@utp.edu.co
- **Rosario Iodice:** PhD en Neurociencias. Docente Universidad Católica de Pereira. rosario.iodice@ucp.edu.co

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

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)