EIEI ACOFI 2025
5º Congreso Latinoamericano de Ingeniería
Más Información: www.acofi.edu.co/eiei
Ingeniería de impacto para cuidar y transformar la vida
ACOFI: 50 años por la excelencia de la educación en ingeniería.

Posibilidades que ofrece la modelación por progresión como estrategia de aprendizaje activo en los cursos básicos de ingeniería

Hernán Paz Penagos

Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Bogotá, Colombia

Resumen

Los modelos se convierten en herramientas dinámicas que revelan la complejidad subyacente de los fenómenos al permitir describir, explicar y predecir el comportamiento de un objeto al ser una representación fisicomatemática y/o gráfica. Ignorar esta estrategia puede limitar la comprensión real de los fenómenos, ya que se pierde oportunidad de apropiación y significación conceptual de los saberes frente a la tradicional construcción arbitraria de relaciones conceptuales y a la memorización de corto plazo. El problema investigado se ubica en educación en ciencias, se fundamenta en Henri Poincaré y teorías de aprendizaje de D. Ausubel, quienes enfatizan la importancia de atribuir significado a los símbolos y representaciones, más allá de la mera memorización y su aplicación al campo de la ingeniería (Poincaré, 2008; Ausubel, 2002). Al concebir la modelación por progresión como una actividad gradual y creativa que va desde representaciones simples hasta modelos sofisticados, este artículo propone una estrategia de enseñanza mediante modelación por progresión con la que se pueda superar la tradicional fragmentación del conocimiento, transformando así la educación científica desde un proceso pasivo de absorción hacia un viaje activo de descubrimiento y construcción. El diseño metodológico es cualitativo y de estudio de casos instrumental y múltiple. Para la validación de la estrategia de enseñanza se hicieron dos intervenciones en el curso de medios de transmisión del programa de ingeniería electrónica de la Universidad escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito durante los semestres: 2024-1 y 2024-2. El propósito fue favorecer el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas de los estudiantes, como el análisis, la síntesis, la conceptualización, la representación de la información, el pensamiento sistémico y crítico, la autorregulación del aprendizaje y la independencia académica. El instrumento de recolección de datos fue la observación directa y participante a partir de la cual se contrastaron verbalizaciones y actuaciones (cómo actuaron) de los estudiantes en los grupos de trabajo, con el fin de indagar e interpretar los cambios en las dimensiones cognitiva y metacognitiva. Los resultados obtenidos puso en evidencia la importancia de considerar modelación por progresión en la enseñanza de la ingeniería que favorece multiplicidad de perspectivas para la interacción y cooperación constructivas en una

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4413

verdadera reciprocidad de intercambio para la integración y síntesis a la hora de identificar el medio de transmisión oculto en una caja negra– así mismo, rescatar la función autorreguladora de los procesos de aprendizaje –que dirige, controla los esfuerzos y maneja la persistencia para enfrentar la dificultad en la resolución del problema– y la autonomía académica con responsabilidad –que hace posible la potenciación de los sujetos– para el desarrollo metacognitivo de los mismos estudiantes.

Palabras clave: modelación por progresión; aprendizaje activo; representación fisicomatemática; estrategia pedagógica; ingeniería educativa; comprensión conceptual

Abstract

Models become dynamic tools that reveal the underlying complexity of phenomena by allowing the description, explanation, and prediction of an object's behavior through physical-mathematical and/or graphical representation. Ignoring this strategy can limit the true understanding of phenomena, since the opportunity for appropriation and conceptual significance of knowledge is lost in contrast to the traditional arbitrary construction of conceptual relationships and short-term memorization. The problem investigated is in science education and is based on Henri Poincaré and D. Ausubel's learning theories, which emphasize the importance of attributing meaning to symbols and representations beyond mere memorization and their application to the field of engineering. By conceiving progression modeling as a gradual and creative activity that ranges from simple representations to sophisticated models, this article proposes a teaching strategy through progression modeling that can overcome the traditional fragmentation of knowledge, thus transforming science education from a passive process of absorption to an active journey of discovery and construction. The methodological design is qualitative and involves instrumental and multiple case studies. To validate the teaching strategy, two interventions were conducted in the media course of the electronic engineering program at the Colombian Julio Garavito School of Engineering during the 2024-2024 semesters. The purpose was to promote the development of students' cognitive and metacognitive skills, such as analysis, synthesis, conceptualization, information representation, systemic and critical thinking, self-regulation of learning, and academic independence. The data collection instrument was participant observation, through which students' verbalizations and actions (how they acted) were compared in the work groups, to investigate and interpret changes in the cognitive and metacognitive dimensions. The results obtained highlighted the importance of considering progression modeling in engineering education, which favors a multiplicity of perspectives for constructive interaction and cooperation in a true reciprocity of exchange for integration and synthesis when identifying the transmission medium hidden in a black box. It also rescues the self-regulatory function of learning processes – which directs, controls efforts and manages persistence to face the difficulty in solving the problem – and academic autonomy with responsibility – which makes the empowerment of subjects possible – for the metacognitive development of the students themselves.

***Keywords**: progressive modeling; active learning; physical-mathematical representation; pedagogical strategy; educational engineering; conceptual understanding*

1. Introducción

La educación en ingeniería ha evolucionado en las últimas décadas con la incorporación de métodos pedagógicos innovadores, tecnologías de apoyo y una orientación hacia el impacto social y la sostenibilidad. Hasta hace poco tiempo, la enseñanza de la ingeniería se basaba en la transmisión de conceptos teóricos. Sin embargo, en los últimos años se ha comprendido la importancia de construir modelos matemáticos que representen la realidad científica (Adúriz-Bravo, 2012). La enseñanza de la ingeniería basada en modelos se ha utilizado en la educación superior desde hace mucho tiempo con resultados satisfactorios (Bunge, 1973). La modelación por progresión permite determinar las características y el comportamiento de situaciones hipotéticas, como es el caso de la identificación de un medio de transmisión dentro de una caja negra; emerge como una herramienta pedagógica en la enseñanza de las ciencias e ingeniería, desafiando el obsoleto paradigma de la memorización mecánica y proponiendo una estrategia de aprendizaje mediante una comprensión gradual de los conceptos. Y es que, al ser representaciones aproximadas y susceptibles de mejora, su uso permite a los estudiantes interactuar con la realidad a través de un aprendizaje progresivo, fortaleciendo su capacidad de abstracción, representación y aplicación del conocimiento en escenarios prácticos. No es solo una técnica pedagógica, sino una estrategia transformadora que fortalece el aprendizaje en los cursos básicos de ingeniería. Al implementar este enfoque, se fomenta una educación más dinámica, comprensiva y aplicada, preparando a los futuros ingenieros para enfrentar los desafíos del mundo real con mayor solidez y creatividad.

La modelación por progresión favorece el desarrollo cognitivo y metacognitivo de los estudiantes; el primer desarrollo se manifiesta, tanto por la realización correcta de operaciones mentales –comparaciones, análisis, síntesis– que posibilitan la interiorización y codificación del conocimiento, como por la cualificación de las funciones cognitivas –percepción, definición, comprensión, resolución, comunicación clara y explícita de la solución del problema– que subyacen en la actividad cognitiva. En esas realizaciones y cualificación de sus funciones juega un papel principal el pensamiento relacional, que es favorecido por la modelación por progresión, y los abordes interdisciplinarios como estrategias para comprender o resolver una situación problemática. El segundo desarrollo, según Flavell (1978) y Brown (1987), tiene dos significados que se encuentran estrechamente vinculados: la metacognición como producto o bien como proceso. El primer significado es declarativo y alude al conocimiento de la actividad cognitiva; mientras que el segundo, se refiere al conocimiento de los procedimientos de supervisión y regulación que se implementan sobre la actividad cognitiva al enfrentar una tarea de aprendizaje. Además, de acuerdo con los mismos autores, está constituida por dos componentes generales: el conocimiento del aprendiz (general, específico y relacionado) y de los procedimientos metacognitivos. El primero contempla tres tipos distintos de conocimiento: 1) Las personas: lo que sabe el estudiante respecto a sus capacidades o lo que saben otras personas, por ejemplo sus compañeros, sobre el conocimiento del mismo estudiante, ya sea en lo intraindividual, interindividual o universal; 2) En relación con la tareas: conocimiento sobre demandas y exigencias que conlleva la resolución de un problema y 3) En relación con estrategias: conocimiento sobre qué estrategia utilizar para lograr un objetivo y cómo controlar su eficacia o pertinencia según las circunstancias. A su vez, el conocimiento de los procedimientos se refiere a la habilidad para utilizar, organizar, revisar y modificar las estrategias en función de las demandas de la tarea de

aprendizaje y de los resultados obtenidos. En esta perspectiva, la autorregulación de sus propios procesos de aprendizaje implica el autoconocimiento, la capacidad para valorar y controlar las aptitudes y limitaciones a la hora de enfrentarse a una situación problemática (Zimmerman y otros, 1992; Schmidt, 1995; Pozo y Monereo, 1999). Generalmente, el proceso de autorregulación se activa cuando la consecución de la meta se ve amenazada por algún evento no previsto, como, por ejemplo, la ineficacia de la estrategia utilizada.

2. Estado del arte

La modelación por progresión surge como una técnica pedagógica de enseñanza que favorece en los estudiantes el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico desde etapas tempranas de su formación. Esta progresión implica una aproximación gradual a la complejidad de los modelos, lo que permite a los estudiantes construir conocimientos de manera incremental, mejorando la retención del conocimiento y la capacidad de aplicación en escenarios reales. Diversos estudios (Bartolomé, 2025; Clement, 2000; Fei et al., 2020) destacan que la representación matemática y computacional de sistemas físicos y técnicos, mediante software y simuladores, permite a los estudiantes desarrollar una visión analítica y predictiva de los problemas.

El libro "Model Based Learning and Instruction in Science" de Clement y Rea-Ramírez (2008) describe métodos de enseñanza para ciencias basados en modelos. Utiliza investigaciones en diversos entornos como escuela intermedia, preparatoria y universidad, y en algunas ramas de las ciencias como biología, física y química. Esta técnica permite una comprensión conceptual más accesible por medio de los modelos mentales, al utilizar estrategias como preguntas discrepantes, analogías, animaciones, competencia de modelos y actividades prácticas. En el estudio "What's Missing in Model-Based Teaching (MBT)" de Khan (2011), se construyó una línea base de la metodología de enseñanza basada en modelos a partir de intervenciones académicas de cuatro profesores en las clases de ciencias durante un año; para recopilar información utilizó entrevistas, observaciones de clase y comparó evaluaciones de los estudiantes; también identificó cómo se puede mejorar la metodología de forma que se pudiese impactar más en el aprendizaje del estudiante. El propósito del artículo "Modeling-based learning in science education: cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions" de Louca & Zacharia (2012) fue ofrecer una visión general de lo que se necesita investigar sobre Aprendizaje Basado en Modelado en ciencias, ya se consideran estas herramientas como partes integrales de la alfabetización científica. Esta revisión reveló que aún falta información importante para garantizar implementaciones efectivas. En el estudio de Clement (2000) sobre "Model based learning as a key research area for science education" se presenta un marco para reflexionar sobre los factores cognitivos implicados en la construcción de modelos en el aula. Conectando conceptos como modelo de consenso de expertos, modelo objetivo, modelos intermedios, preconcepciones, procesos de aprendizaje y habilidades de razonamiento natural.

La enseñanza de conceptos abstractos y su relación con aplicaciones prácticas se ha logrado gracias a la modelación por progresión. Esta estrategia también fomenta el desarrollo de habilidades analíticas, creativas y experimentales y mejora la motivación estudiantil. Diversos estudios como 'Didactic models for active and inquiry-based learning of machines and mechanisms'

de Bartolomé (2025), exponen el uso de herramientas de modelamiento en la enseñanza de máquinas y mecanismos, e identifica esto como una estrategia efectiva. Existe una correlación clara entre la teoría enseñada y los modelos utilizados. La experimentación y simulación son complementos, pero subordinados al cálculo analítico. Al permitir a los estudiantes construir sus propios modelos, no solo incrementa la motivación, sino que también favorece la resolución de problemas reales y el desarrollo de habilidades en diseño, manufactura y simulación; Zárate-Navarro et al. (2024) identifican dificultades en la abstracción de los conceptos y la falta de experiencias prácticas para la enseñanza de la transferencia de calor por conducción en cursos de ingeniería. Para superar las dificultades en la abstracción, se implementaron talleres y se combinaron con simulaciones computacionales, modelado matemático y validación experimental.

Como resultados se obtuvo que los estudiantes comprendieron mejor la simulación de procesos asistida por computadora y desarrollaran habilidades analíticas. Se destaca que la enseñanza tradicional de la Ley de Fourier, sin observación del fenómeno, limita la comprensión. Así como explorar alternativas de código abierto para mejorar el aprendizaje y evaluación del fenómeno físico. Por otro lado, Lavi R. y Dori Y. (2020) identificaron la falta de una rúbrica válida para evaluar el pensamiento sistémico en estudiantes de ingeniería; como solución, diseñaron y evaluaron una rúbrica basada en la Metodología Objeto-Proceso, categorizando el pensamiento sistémico en tres dimensiones: función, estructura y comportamiento del sistema. La evaluación se realizó con estudiantes que modelaron sistemas web en dos momentos del semestre, evidenciando mejoras significativas en los modelos conceptuales, especialmente en estructura y comportamiento del sistema. La rúbrica mostró fiabilidad y validez aceptables, aunque con limitaciones en la evaluación de la función del sistema. Así mismo, se identificó la falta de creatividad, y una metodología clara para evaluar estas habilidades a partir de modelos conceptuales de sistemas tecnológicos. En el artículo "Assessing Novelty and Systems Thinking in Conceptual Models of Technological Systems", Lavi et al. (2021) abordaron modelos conceptuales desarrollados por equipos de estudiantes de posgrado en ingeniería, evaluándolos mediante las rúbricas DNAR (para la novedad) y STAR (para el pensamiento sistémico). Como resultado se obtuvo que ambas habilidades pueden evaluarse de manera efectiva mediante esta metodología, aunque los puntajes de novedad fueron más variables que los de pensamiento sistémico, lo que sugiere que los estudiantes tienen más experiencia en el desarrollo sistémico que en la generación de ideas novedosas. Ramírez et al. (2024) muestran que mientras la capacidad de realizar pruebas al software ha sido ampliamente explorada, la falta de una metodología estructurada para los sistemas físicos altamente complejos y críticos para la seguridad requieren un enfoque distinto. Por lo cual, sugieren integrar estrategias de Diseño para la Testeabilidad (Design for Testability - DFT) y Sistemas Basada en Modelos (Model Based Systems Engineering - MBSE). El uso de lenguajes especializados, como el lenguaje SysML, y la complementación con análisis modal de fallos y efectos (FMEA) permite identificar fallos múltiples, y demuestra mejoras en confiabilidad y verificabilidad del sistema. Fei, et al. (2020) en su artículo "A Model-Based System Engineering Approach for aviation system design by applying SysML modeling" analiza la necesidad de mejorar el diseño de sistemas de aviación mediante modelado SysML. La solución propuesta permite modelar de manera precisa tanto la estructura como el comportamiento de los sistemas de aviación, facilitando la resolución de ambigüedades y conflictos en el diseño. Se demostró que este enfoque mejora la colaboración y proporciona un modelo centralizado que garantiza la coherencia del sistema. Finalmente, en el artículo "Model-based design, analysis and assessment framework for safety-critical systems" Lu & Chen (2021) exponen

que los estándares internacionales ofrecen solo directrices generales y carecen de metodologías concretas para el diseño y verificación de sistemas críticos de seguridad, como los vehículos autónomos y los robots quirúrgicos, los cuales requieren alta confiabilidad. Para abordar este problema, se propone un marco basado en modelos para el diseño, análisis y evaluación de estos sistemas, incorporando árboles de fallos, exploración de la arquitectura de hardware e inyección de fallos en modelos para evaluar la efectividad de los mecanismos de seguridad. Este enfoque facilita el cumplimiento de estándares de seguridad y permite la detección temprana de vulnerabilidades en el diseño. En conjunto, estos estudios destacan la importancia de los enfoques MBSE y SysML en la mejora de la confiabilidad, verificabilidad y eficiencia en el diseño de sistemas complejos, especialmente en aplicaciones críticas para la seguridad.

3. Metodología

El diseño metodológico es cualitativo y de estudio de casos instrumental y múltiple. El interés de utilizar esta metodología en la investigación fue evidenciar y documentar los desarrollos cognitivos y metacognitivos de los estudiantes desde las actuaciones y verbalizaciones de algunos estudiante denominados 'participantes clave', que estaban inmersos en los grupos de trabajo colaborativo y que buscaban resolver el problema plantado en los semestres 2024-1 y 2024-2 del curso de medios de transmisión. Para evaluar el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas como el análisis, la asociación, la representación de la información, la autorregulación del aprendizaje y el trabajo académico independiente a través de la modelación por progresión como estrategia de aprendizaje activo en la enseñanza de Medios de transmisión, se diseñó dos intervenciones académicas en dos semestres consecutivos 2024-1 y 2024-2: en el semestre uno se organizó una actividad grupal experimental basada en la construcción de una caja negra que contenía uno de los siguientes medios de transmisión: cable coaxial, par trenzado, cable multifilar y SMA, y se diseñó una guía que orientaba la identificación de la línea que contenía la caja negra. En el semestre dos se asignó las cajas negras a grupos de trabajo que desconocían el tipo de medio de transmisión contenido en la caja negra y a través del QR impreso en la caja tenía acceso a la guía que lo orientaban con algunas pruebas experimentales de laboratorio. El objetivo era identificar la línea de transmisión, para lo cual sólo podía hacer pruebas en sus extremos para identificar de manera progresiva los parámetros del medio de transmisión hasta lograr identificarlo por completo.

El instrumento para recolección de información fue observación: directa y participante con los sujetos y grabaciones de audio y video del trabajo en grupo de las secciones de clase. El observador participante fue un monitor (estudiante de ingeniería electrónica de último semestre), que tomó sus registros a partir del formato previo. Se escogió este instrumento de medición porque pone al descubierto las actuaciones y verbalizaciones de los estudiantes en su trabajo académico grupal; además, es una técnica desprevenida, no-obstrusiva que pretende revelar conductas manifiestas que fueron estimuladas por otros factores ajenos al mismo instrumento.

Para el diseño de la caja negra y construcción de la guía los estudiantes del semestre 2024-1 fueron organizados en grupos de tres integrantes, conformando un total de 8 equipos. A cada grupo se le asignó un medio de transmisión comercial. La primera tarea consistió en investigar las propiedades físicas y el comportamiento eléctrico del medio asignado a partir de fuentes formales

como datasheets de proveedores, manuales técnicos y literatura especializada. Posteriormente, los grupos diseñaron e imprimieron en 3D una caja negra con dimensiones estandarizadas (12x4x2.5 cm), en la cual se introdujo el medio de transmisión (figura 1). Cada caja se diseñó con cuatro terminales accesibles: dos de entrada y dos de salida. Estas conexiones permitirán la realización posterior de pruebas experimentales sin conocimiento previo del medio contenido en su interior.

Figura 1. Caja negra con entrada salida y QR

Para la familiarización de conocimientos sobre caracterización de medios de transmisión, los grupos asistieron a cuatro sesiones de clases teóricas y desarrollaron dos prácticas de laboratorio: una experimental con par telefónico y otra de simulación en Matlab ®. Como trabajo independiente calcularon los parámetros primarios del medio de transmisión asignado, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y eléctricas, y aplicando las leyes de la teoría electromagnética aprendidas en el curso de campos; con esa información hallaron los parámetros secundarios: constante de propagación e impedancia característica. Para superar las dificultades en la abstracción, se implementaron talleres y se combinaron con simulaciones computacionales, modelado circuital y validación experimental: se simularon en AWR ® y LTSpice® la atenuación y desfase de un chirp que se inyectaba al medio de transmisión con longitud de 10 cm que estaba contenido en la caja negra. En el laboratorio de Medios de Transmisión de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito se hicieron pruebas de atenuación, desfase y respuesta en frecuencia del medio de transmisión. Los equipos disponibles para las pruebas incluyeron osciloscopios, generadores, analizadores de espectro y multímetro. Como resultado de esta fase, cada equipo generó un informe con los datos obtenidos e hizo una comparación con los valores teóricos y simulados de los mismo parámetros. Este ejercicio les dio pautas para diseñar la guía metodológica que permita identificar de manera precisa el tipo de cable de transmisión que se encuentra dentro de una "caja negra"; así como un listado de recomendaciones para quien se encuentre estancado en la identificación del medio.

Para la identificación del medio de transmisión los estudiantes del semestre 2024-2 conformaron grupos de trabajo de tres estudiantes y tenían como reto identificar mediante una serie de pruebas y mediciones el medio de transmisión desconocido contenido en la caja negra asignada. De la misma manera como se procedió con el semestre 1, los estudiantes tuvieron cuatro sesiones de clases teóricas y desarrollaron dos prácticas de laboratorio: una experimental con par telefónico y otra de simulación en Matlab ® y Octave®. Como trabajo independiente los estudiantes debían construir una tabla con los valores de los parámetros primarios y secundarios de la mayoría de los medios de transmisión comerciales. El trabajo del grupo era realizar mediciones experimentales orientadas por la guía suministrada mediante el QR construida en la primera etapa, con el objetivo de inferir los parámetros primarios, secundarios y así llegar a descubrir el medio desconocido

contenido en la caja negra. La guía proporcionaba una metodología, pistas y sugerencias basadas en la experiencia del equipo creador. Estas pistas ayudaban a orientar la identificación sin revelar directamente el contenido de la caja. De esta manera, se fomentó el análisis crítico, la toma de decisiones y la aplicación de conocimientos adquiridos previamente.

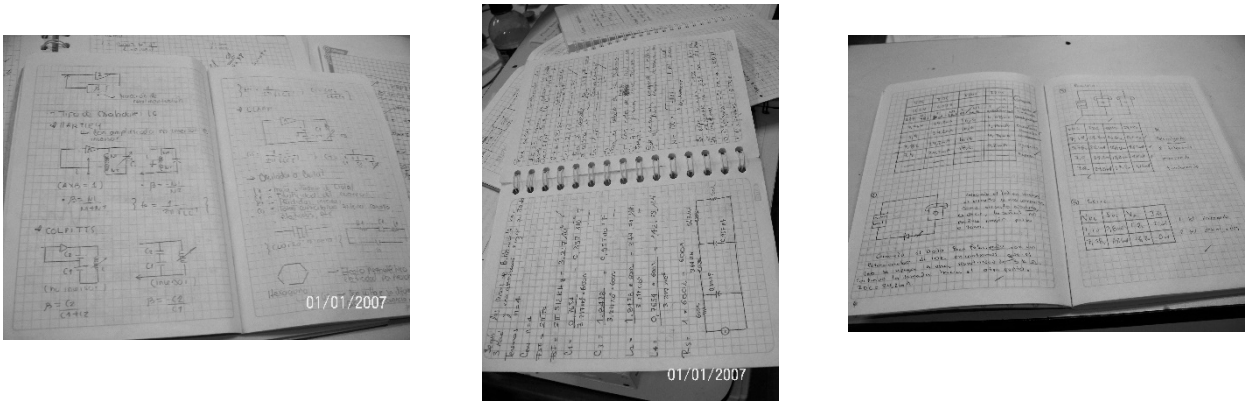
Algunos indicadores de la intervención académica que aplica la técnica modelación por progresión son los siguientes: *Significación para los estudiantes*: los contenidos y las actividades tienen relación con cuestiones y problemas significativos para los estudiantes. *Implicación del estudiantado*: las actividades involucran a los estudiantes, favoreciendo el desarrollo de habilidades sociales, la participación, motivándolos y haciéndolos responsables del aprendizaje. *Pensamiento estratégico*: tanto en la búsqueda de alternativas de resolución como en la gestión para superar las dificultades encontradas. *Nivel de las operaciones cognitivas implicadas*: moviliza operaciones mentales de mayor nivel que la simple memorización. *Desarrollos metacognitivos*: propicia la autorregulación de los propios procesos de aprendizaje del estudiante. *Trabajo colaborativo*: tiene en cuenta las interrelaciones entre los estudiantes, la reflexión y el trabajo en equipo. *Autoaprendizaje*: promueve la autoevaluación, búsqueda selectiva de información, reflexión individual, el trabajo independiente, y potencia a los estudiantes para la realización de futuros aprendizajes de manera autónoma. *Perseverancia*: transmite a los estudiantes una disciplina de superación de las dificultades y persistencia en las actividades. *Creatividad*: promueve el pensamiento divergente.

Carácter aplicativo: plantea situaciones problemáticas contextualizadas a la realidad en la que viven los estudiantes, y en muchos casos incluyen aspectos aplicables a la vida diaria. *Evaluación formativa*: contempla la evaluación continua y la adaptación estratégica de las actuaciones docentes y discentes. *Integración*: propicia el desarrollo de pensamiento sistémico y complejo en el contexto educativo. *Interdisciplinariedad*: favorece aproximaciones teóricas a asuntos más amplios y transversales. *Nuevos roles*: supone cambios de rol en las actuaciones de los profesores y los estudiantes, que se ven implicados en el desarrollo de nuevas funciones. *Recursividad*: considera la utilización de múltiples recursos educativos. *Utilización de las nuevas tecnologías*: supone el acceso permanente a la información y el uso integrado de las TIC para la gestión y el aprovechamiento de la información.

4. Resultados y análisis de resultados

El aprendizaje activo propiciado por la modelación por progresión mejoró el desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas como el análisis, la asociación, la representación de la información, la autorregulación del aprendizaje y el trabajo académico independiente de los estudiantes en el cursos de medios de transmisión de ingeniería electrónica. La aplicación de la estrategia de enseñanza favoreció la caracterización del medio de transmisión desde un enfoque más simplificado, permitiendo a los estudiantes identificar parámetros primarios y secundarios claves (figura 2). También fomentó el desarrollo de habilidades en resolución de problemas y trabajo en equipo al requerir pensamiento crítico y la toma de decisiones informadas mejorando así la motivación entre los estudiantes. Sin embargo, se evidenciaron dos dificultades en los estudiantes: dificultad para construir la guía metodológica, por la falta de recursividad y aprendizaje estratégico; y dificultad para identificar el medio desconocido por la falta de datos de

entrada. Cuando no se comprende un problema se dificulta integrarlo en una categoría o conocimiento esquemático, por esta razón algunos grupos siguieron la estrategia de identificación del medio desconocido por descarte atendiendo los valores de los parámetros primarios medidos en las pruebas realizadas sobre la caja negra.



a) Estudiante 1 b) Estudiante 2 c) Estudiante 3

Figura 2. Muestra de datos de tres estudiantes tomada por el observador participante.

Todos los grupos siguieron las precauciones que dio el docente con la manipulación de la caja negra, entre otras recomendaciones, se encontraban: No exceda los valores máximos de tensión del equipo; asegúrese que los equipos estén correctamente conectados, tenga especial cuidado con las tierras; manipule la caja negra con precaución ya que al estar sellada no es posible su apertura para posibles reparaciones, y tenga cuidado al hacer la conexión en cortocircuito ya que puede generar un corto directo al generador.

La representación del enunciado del problema (que es favorecida en todas las estrategias de RP) fue un detonante para el desarrollo metacognitivo, porque implicaba procesos de pensamiento que exigían completar o descartar información, así como interpretar y relacionar información con las concepciones personales previas. Sin embargo, un obstáculo que los estudiantes encontraron en la identificación del medio de transmisión desconocido fue la dificultad de hacer consciente y explícito cuál era el sistema bajo estudio y cómo éste podía ser modelado.

En ambas experiencias los estudiantes reforzaron los conocimientos teóricos sobre la caracterización de medios de transmisión y adquirieron habilidades prácticas en el manejo de instrumentos de medición, y en la interpretación de resultados. Además desarrollaron habilidades de resolución de problemas, como pensamiento crítico, toma de decisiones seleccionando las estrategias experimentales adecuadas para la caracterización del medio, validación de hipótesis, habilidades de comunicación y trabajo en equipo, comunicación técnica mediante redacción de informes con datos experimentales y comparación con fuentes formales así como explicación de hallazgos desarrollando pistas y sugerencias para otros grupos, y fomentando la síntesis de información clave. “Los estudiantes comprenden más sobre cualquier actividad, a partir de su participación directa; lo que se ha dado en llamar la comunidad de práctica, dentro de la cual se realiza dicha actividad” (Rogoff, 1993: 146). Se fomenta la gestión y autonomía para búsqueda de información, adquisición de materiales y planificación de pruebas en función de los equipos

disponibles; cuando se le dio la oportunidad al estudiante describir las estrategias que siguió al realizar el ejercicio en las dos intervenciones académicas, se evidenció confianza y desarrollo metacognitivo. Además, si se sometían dichas estrategias en plenaria al juicio crítico de los grupos de trabajo, todos lograban mejorar éstas y aprender unos de las experiencias metacognitivas de los demás.

Esta metodología permitió a los estudiantes caracterizar de manera teórica-experimental un medio de transmisión, mejorando su capacidad de análisis, su autonomía en la adquisición de conocimiento y su habilidad para resolver problemas en contextos de ingeniería aplicada. Como trabajo futuro se sugiere comparar el desempeño académico antes y después, y su sostenibilidad en el tiempo a largo plazo.

5. Conclusiones

Si bien estas estrategias se utilizan cada vez más en la enseñanza de las ciencias en la educación escolar, pocos trabajos profundizan en la importancia de la adquisición de modelos en la educación superior. Más concretamente, existen pocas investigaciones publicadas en el contexto de la enseñanza de cursos universitarios en ingeniería.

El desarrollo de habilidades cognitivas comprendió, entre otras, el desarrollo de habilidades de pensamiento, relación teoría-práctica y transferencia de conocimientos a nuevas situaciones. Mientras que el desarrollo de habilidades metacognitivas se basó en la autorregulación del aprendizaje y la independencia académica. La interacción en grupos de trabajo colaborativo es un método efectivo para promover el desarrollo cognitivo y metacognitivo de los estudiantes: la incertidumbre de los estudiantes para el aborde de una situación problemática, condujo a la comunicación y al trabajo colaborativo para confrontar los conocimientos de unos y otros; las fortalezas de unos compensaron las dificultades de otros, de manera que se llegó a valorar el saber de los compañeros como una de las fuentes más importante de aprendizaje. El trabajo conjunto permitió aclarar los conceptos y paulatinamente apropiarlos de manera significativa. La función facilitadora del profesor en el diseño propició la autorregulación de los procesos, y con esta el desarrollo metacognitivo del estudiante, en cuanto buscó transferir de forma gradual el control de cada actividad educativa a los estudiantes.

Para mejorar la metodología de la modelación por progresión en la enseñanza de medios de transmisión, se pueden incluir escenarios donde los estudiantes deban detectar fallas en los medios de transmisión dentro de la caja negra (cortes, defectos en la malla de blindaje, deterioro del dieléctrico) que permitiría desarrollar habilidades en mantenimiento y detección de fallos en sistemas reales.

Al aplicar la estrategia de modelación por progresión e interactuar en la resolución del problema con el estudiante, no solo aprende el estudiante, sino que el profesor transforma su práctica pedagogía, aprendiendo a hacer sus actividades de manera distinta a las que ya las hacía

6. Referencias

- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. Educación Química, 23, 1-9. https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30151-9
- Ausubel, D. (2002). Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva. España: Paidós
- Bartolomé, E. (2025). Didactic models for active and inquiry-based learning of machines and mechanisms. *International Journal of Mechanical Engineering Education*. https://doi.org/10.1177/03064190241310053
- Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms, F. Weinert & R. Kluwe (Ed.): *Metacognition, motivation, and understanding*. Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Bunge, M. (1973). Method, Model and Matter. Dordrecht: Reidel Publishind Company. https://doi.org/10.1007/978-94-010-2519-5
- Clement, J. J. y Rea-Ramírez M. A. (2008). *Model Based Learning and Instruction in Science*. Vol. 2. ISSN electrónico: 2213-2260 https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6494-4. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6494-4
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, *22*(9), 1041–1053. https://doi.org/10.1080/095006900416901
- Fei, X., Bin, C., Rui, L., & Hu, S. (2020). A Model-Based System Engineering Approach for aviation system design by applying SysML modeling. *Proceedings of the 32nd Chinese Control and Decision Conference, CCDC 2020*, 1361–1366. https://doi.org/10.1109/CCDC49329.2020.9164443
- Flavell, J. (1978). Metacognitive aspect of problem solving in the nature of intelligence. In L.B. Resnick, (Ed.). (Pp. 231-235). New Jersey: Hillsdale. https://doi.org/10.4324/9781032646527-16
- Khan, S. (2011). What's Missing in Model-Based Teaching. *Journal of Science Teacher Education*, *22*(6), 535–560. https://doi.org/10.1007/s10972-011-9248-x
- Lavi, R., Dori, Y. J., & Dori, D. (2021). Assessing Novelty and Systems Thinking in Conceptual Models of Technological Systems. *IEEE Transactions on Education*, *64*(2), 155–162. https://doi.org/10.1109/TE.2020.3022238
- Lavi, R., Dori, Y. J., Wengrowicz, N., & Dori, D. (2020). Model-Based Systems Thinking: Assessing Engineering Student Teams. *IEEE Transactions on Education*, *63*(1), 39–47. https://doi.org/10.1109/TE.2019.2948807
- Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*, *64*(4), 471–492. https://doi.org/10.1080/00131911.2011.628748
- Lu, K. L., & Chen, Y. Y. (2021). Model-based design, analysis and assessment framework for safety-critical systems. *Proceedings - 51st Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks - Supplemental Volume, DSN-S 2021*, 25–26. https://doi.org/10.1109/DSN-S52858.2021.00023
- Poincaré, H. (2008) El valor de la ciencia. Edición Oviedo. ISBN 9788483670675, págs. 384. España.
- Pozo, J. y Monereo, C. (Coord.). (1999). El aprendizaje estratégico. Enseñar a aprender desde el currículo. Madrid: Santillana.
- Ramírez, C. A., Thompson, A. E., & Gorthala, R. (2024). A Design for Testability (DFT) strategy for the development of a highly complex safety-critical system using a Model-Based Systems Engineering (MBSE) approach. *ISSE 2024 - 10th IEEE International Symposium on Systems Engineering, Proceedings*. https://doi.org/10.1109/ISSE63315.2024.10741151

- Rogoff, B. (1993). Aprendices del pensamiento. El desarrollo cognitivo en el contexto social. Barcelona: Paidós
- Schmidt, K. (1995). Problem-based learning: An introduction. *Instructional Science*, (22), pp. 247-250. https://doi.org/10.1007/BF00891778
- Zárate-Navarro, M. A., Schiavone-Valdez, S. D., Cuevas, J. E., Warren-Vega, W. M., Campos-Rodríguez, A., & Romero-Cano, L. A. (2024). STEM activities for heat transfer learning: Integrating simulation, mathematical modeling, and experimental validation in transport phenomena education. *Education for Chemical Engineers*, *49*, 81–90. https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.06.004
- Zimmerman, B., Bandura, A. y Martínez-Pons, M. (1992). Self-motivation for academic attainment: the role of self-efficacy beliefs and personal goal setting, *American Educational Research Journal*, *29*, pp. 663-76. https://doi.org/10.3102/00028312029003663

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

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)