



Aplicación del modelo 5E en la enseñanza-aprendizaje de conceptos tecnológicos de microelectromovilidad

- Application of the 5E Instructional Model in the Teaching and Learning of Technological Concepts of Micro-Electromobility
- Aplicação do modelo instrucional 5E para o ensino e a aprendizagem de conceitos tecnológicos de microeletromobilidade

Forma de citar este artículo

Valderrama-Gutiérrez, F. F., Hurtado-Peña, L. C. y Castro-Galeano, J. C. (2026). Aplicación del modelo 5E en la enseñanza-aprendizaje de conceptos tecnológicos de microelectromovilidad. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (60), e24646, <https://doi.org/10.17227/ted.num60-24646>

Resumen

Este trabajo presenta el diseño, implementación y evaluación de una secuencia didáctica para la enseñanza de conceptos tecnológicos de microelectromovilidad, orientada al uso de un banco de pruebas de un vehículo eléctrico liviano. La propuesta se fundamenta en el modelo instruccional 5E y se desarrolla bajo el enfoque metodológico de la investigación basada en diseño (IBD), mediante dos iteraciones sucesivas en contextos reales de formación tecnológica. La secuencia didáctica integra sesiones teóricas expositivas y sesiones prácticas guiadas, con el propósito de favorecer la comprensión progresiva de los sistemas eléctricos y electrónicos que conforman un scooter. Para la evaluación de la intervención se empleó un enfoque mixto, que incluyó pre-test y pos-test, cuestionarios de percepción y el análisis de productos elaborados por los participantes. Los resultados evidencian un incremento significativo en los conocimientos tecnológicos y procedimentales asociados a la electromovilidad, así como un aumento en la percepción de confianza de los participantes respecto a su aprendizaje. Asimismo, el análisis de la primera iteración permitió identificar oportunidades de mejora, particularmente en el diagnóstico de fallas, abordadas mediante ajustes en la segunda iteración, mejorando la coherencia entre objetivos, actividades y recursos didácticos. Los hallazgos sugieren que la articulación del modelo 5E dentro de una secuencia didáctica bajo el enfoque IBD constituye una estrategia efectiva para la enseñanza de conceptos tecnológicos de microelectromovilidad en la formación de estudiantes de licenciatura en tecnología.

Freddy Fernando Valderrama-Gutiérrez* 
Lidia Constanza Hurtado-Peña** 
Juan Carlos Castro-Galeano*** 

- * Doctor en Ingeniería. Docente, Licenciatura en Tecnología, Facultad Seccional Duitama, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Duitama, Colombia. freddy.valderrama@uptc.edu.co
- ** Magíster en Educación. Docente, Licenciatura en Tecnología, Facultad Seccional Duitama, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Duitama, Colombia. lidia.hurtado@uptc.edu.co
- *** Magíster. Docente de Ingeniería Electromecánica, Facultad Seccional Duitama, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Duitama, Colombia. juan.castrogaleano@uptc.edu.co

Reporte de caso educativo

Fecha de recepción: 13/01/2026
Fecha de aprobación: 22/04/2026
Fecha de publicación: 01/07/2026



Palabras clave

tecnología educativa; educación tecnológica; métodos de enseñanza; aprendizaje activo; transporte sostenible

Abstract

This study presents the design, implementation, and evaluation of a didactic sequence for teaching technological concepts related to micro-electromobility, focused on the use of a test bench for a lightweight electric vehicle of the scooter type. The proposal is grounded in the 5E instructional model and is developed under the methodological approach of design-based research (DBR), through two successive iterations in real technological training contexts. The didactic sequence integrates expository theoretical sessions and guided practical sessions, with the aim of fostering a progressive understanding of the electrical and electronic systems that make up a scooter. A mixed-methods approach was employed to evaluate the intervention, including the application of pre-tests and post-tests, perception questionnaires, and the analysis of artifacts produced by the participants. The results show a significant increase in technological and procedural knowledge related to electromobility, as well as an improvement in participants' perceived confidence regarding their learning. In addition, the analysis of the first iteration made it possible to identify opportunities for improvement, particularly in fault diagnosis, which were addressed through adjustments in the second iteration, enhancing the alignment between objectives, activities, and didactic resources. Overall, the findings suggest that the integration of the 5E model within a didactic sequence designed under the DBR approach constitutes an effective strategy for teaching technological concepts of micro-electromobility in the education of undergraduate students in technology education.

Keywords

educational technology; technology education; teaching methods; active learning; sustainable transport

Resumo

Este trabalho apresenta o desenho, a implementação e a avaliação de uma sequência didática para o ensino de conceitos tecnológicos de microeletromobilidade, orientada ao uso de uma bancada de testes de um veículo elétrico leve. A proposta fundamenta-se no modelo instrucional 5E e é desenvolvida sob o enfoque metodológico da pesquisa baseada em design (PBD), por meio de duas iterações sucessivas em contextos reais de formação tecnológica. A sequência didática integra sessões teóricas expositivas e sessões práticas guiadas, com o objetivo de favorecer a compreensão progressiva dos sistemas elétricos e eletrônicos que compõem um scooter. Para a avaliação da intervenção, utilizou-se uma abordagem mista, que incluiu pré-teste e pós-teste, questionários de percepção e a análise dos produtos elaborados pelos participantes. Os resultados evidenciam um aumento significativo nos conhecimentos tecnológicos e procedimentais associados à eletromobilidade, bem como um incremento na percepção de confiança dos participantes em relação à sua aprendizagem. Além disso, a análise da primeira iteração permitiu identificar oportunidades de melhoria, particularmente no diagnóstico de falhas, as quais foram abordadas por meio de ajustes na segunda iteração, aprimorando a coerência entre objetivos, atividades e recursos didáticos. Os achados sugerem que a articulação do modelo 5E dentro de uma sequência didática sob o enfoque da PBD constitui uma estratégia eficaz para o ensino de conceitos tecnológicos de microeletromobilidade na formação de estudantes de licenciatura em tecnologia.

Palavras-chave

tecnologia educacional; educação tecnológica; métodos de ensino; aprendizagem ativa; transporte sustentável

Introducción

La electromovilidad (EM) es una opción de transporte sostenible que utiliza vehículos eléctricos (VE) para reducir significativamente el consumo de energía y eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero (Velho *et al.*, 2024). En los países con mayor desarrollo tecnológico, los responsables de la formulación de políticas reconocen su papel fundamental en la promoción de vehículos más limpios y han implementado medidas e incentivos, como reducciones de impuestos, subsidios e inversiones, para apoyar la adopción de la EM (Cansino *et al.*, 2018). Por ejemplo, en Chile se cuenta con una estrategia nacional para la electromovilidad, cuyo objetivo es establecer enfoques estratégicos, medidas específicas y metas que permitan el desarrollo acelerado y sostenible del transporte eléctrico (Ministerio de Energía, 2022).

Dado, por el momento, el alto costo de los vehículos eléctricos y la escasez de estaciones de recarga en Colombia, donde solo se cuenta con 62 puntos de recarga (Electromaps, 2025), la microelectromovilidad (MEM) ha emergido como un campo clave en la transformación de los sistemas de transporte urbano, pues ofrece soluciones innovadoras frente a los desafíos de congestión, contaminación y accesibilidad en las ciudades. Los vehículos de MEM, como las patinetas y motos eléctricas, se distinguen por ser una forma de transporte relativamente rápida, económica y flexible, que permite el desplazamiento dentro de áreas urbanas sin necesidad de un automóvil o licencia de conducir, lo que facilita la accesibilidad y conectividad en estos entornos (Bretones *et al.*, 2023). De acuerdo con Hertel *et al.* (2024), para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible es necesario llevar a cabo una transición verde hacia la electromovilidad, la cual también debe involucrar aspectos

educativos relacionados con el manejo de dicha tecnología. En este sentido, la Comisión Europea (2020) indica que la electrificación de la movilidad es un proceso que demanda nuevas competencias técnicas, digitales y sistémicas, lo cual plantea desafíos directos para los sistemas educativos y la formación en áreas tecnológicas.

En este contexto, el propósito de este estudio es diseñar una secuencia didáctica que articule de manera coherente actividades teóricas y prácticas, orientadas a favorecer la comprensión progresiva de los sistemas que conforman un vehículo de MEM. Asimismo, se busca analizar el impacto de dicha secuencia en los resultados de aprendizaje de un grupo de estudiantes de Licenciatura en Tecnología de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, a partir de la relación entre la fundamentación conceptual previa y el desarrollo de actividades prácticas mediadas por un banco de pruebas especializado.

Antecedentes

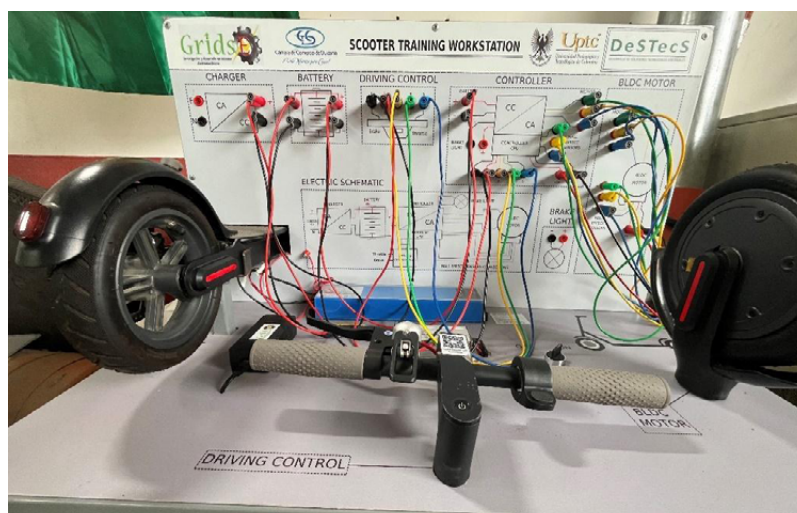
Son pocos los trabajos orientados a la enseñanza-aprendizaje de conceptos tecnológicos de electromovilidad. Cheng (2022) realizó una experiencia para la enseñanza de la tecnología de vehículos eléctricos en un curso de maestría de la Universidad Politécnica de Hong Kong. Asimismo, Hayashi *et al.* (2022) proponen una competencia de diseño de vehículos eléctricos (VE) como estrategia formativa que facilita la apropiación de conceptos asociados a esta tecnología, a partir de las ventajas del aprendizaje basado en proyectos. Por otra parte, Núñez-Donoso y López-Guede (2020) reportan el diseño de un laboratorio en la Universidad Tecnológica de Chile (INACAP), orientado al desarrollo de actividades académicas relacionadas con la electromovilidad. En dicho trabajo se adopta

un enfoque de aprender haciendo, en el cual se destaca que el uso de herramientas pedagógicas, metodologías activas y una adecuada integración de tecnologías favorecen la participación activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje y contribuyen a mejores resultados académicos. Richnák (2025) realizó un estudio sobre la integración de los conceptos de EM en la educación superior. En este trabajo, una parte representativa de los estudiantes que participaron destacó la falta de métodos de enseñanza prácticos. Como conclusión, el autor recomienda integrar conocimientos y contenidos relacionados con la electromovilidad en los programas universitarios existentes.

En la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, dos de los autores de este artículo diseñaron y construyeron un tablero de pruebas para un vehículo eléctrico liviano tipo scooter, el cual se muestra en la Figura 1. La experiencia obtenida durante su desarrollo permitió identificar que los componentes del sistema constituyen un recurso integrador para diversas áreas disciplinares del programa de Licenciatura en Tecnología: electricidad, electrónica y mecánica. En consecuencia, surgió la necesidad de diseñar guías de aprendizaje que aprovechen el potencial didáctico del tablero dentro de los procesos formativos de los futuros licenciados. Dichas guías deben articularse en una secuencia didáctica adecuada para la enseñanza de conceptos de electromovilidad, con el fin de facilitar la comprensión de los principios fundamentales, promover la interacción con los componentes y favorecer la transferencia del conocimiento a situaciones reales a las que pueden verse enfrentados los futuros egresados del programa.

Figura 1.

Tablero de pruebas para scooter M365 diseñado y construido en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia



Fuente: archivo fotográfico de los autores.

Como es sabido, el diseño de una secuencia didáctica requiere la selección de un modelo instruccional pertinente, capaz de orientar la estructuración del proceso de enseñanza-aprendizaje. Si bien existe una amplia variedad de modelos con diversas aproximaciones pedagógicas, en este trabajo se adopta y se pone a prueba el modelo 5E, reconocido por su carácter constructivista y por favorecer el aprendizaje experiencial a través de cinco fases: enganche, exploración, explicación, elaboración y evaluación.

El diseño de la secuencia didáctica propuesta en este trabajo se llevó a cabo mediante el enfoque de investigación basada en diseño (IBD), también conocido como Design-Based Research (DBR). Este enfoque metodológico, propuesto inicialmente por Brown (1992) y Collins (1992), y consolidado posteriormente por Barab y Squire (2004), se caracteriza por su naturaleza iterativa, colaborativa y orientada a la solución de problemas en contextos educativos reales.

Marco teórico

¿Qué se entiende por el modelo instruccional 5E?

El modelo instruccional 5E es una propuesta para estructurar unidades didácticas en las materias científico-tecnológicas, cuyos orígenes y efectividad fueron reportados por Bybee *et al.* (2006). El modelo consta de cinco etapas, mencionadas anteriormente. En la etapa de *enganche*, el docente o una actividad curricular accede a los conocimientos previos de los estudiantes y les ayuda a involucrarse con un nuevo concepto mediante el uso de actividades breves que fomentan la curiosidad y evocan esos conocimientos previos. En la etapa de *exploración*, los estudiantes pueden realizar actividades de laboratorio

que les permitan utilizar sus conocimientos previos para generar nuevas ideas, explorar preguntas y posibilidades, así como diseñar y llevar a cabo una investigación preliminar. En la etapa de *explicación* se abren espacios para que los docentes introduzcan directamente un concepto, un proceso o una habilidad, y para que los estudiantes expliquen su comprensión del concepto con ayuda del docente o del material curricular, con el fin de orientarlos hacia una comprensión más profunda del proceso o concepto estudiado. En la etapa de *elaboración*, los docentes desafían y amplían la comprensión conceptual y las habilidades de los estudiantes mediante el planteamiento de nuevas experiencias y actividades adicionales. Finalmente, en la etapa de *evaluación*, se invita a los estudiantes a valorar su propia comprensión y sus habilidades, y se ofrecen oportunidades para que los docentes evalúen su progreso hacia el logro de los objetivos educativos.

¿Qué se entiende por conceptos tecnológicos de microelectromovilidad?

Los conceptos tecnológicos de microelectromovilidad se refieren al conjunto de principios, componentes y sistemas que hacen posible el funcionamiento de vehículos eléctricos livianos, como *scooters*, bicicletas y patinetas eléctricas. Estos conceptos abarcan la integración de subsistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos, incluidos el sistema de tracción, el almacenamiento y la gestión de energía, el control electrónico, los sensores y los elementos de seguridad, así como nociones de eficiencia, autonomía, estados de la batería y diagnóstico básico de fallas.

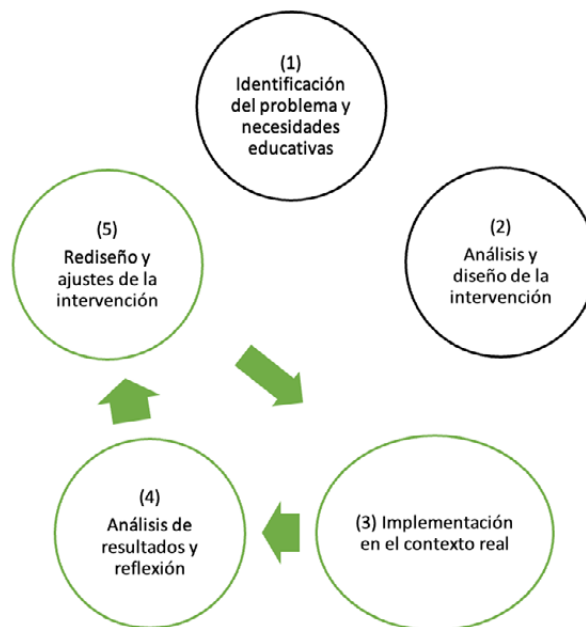
El lector debe notar que la comprensión e interacción con dichos sistemas exige que los estudiantes desarrollen no solo conocimientos

técnicos, sino también capacidades para analizar, interpretar y tomar decisiones frente a sistemas tecnológicos, lo cual es característico del pensamiento tecnológico. Como afirman Torres-Sánchez y Zapata-Castañeda (2025), pensar tecnológicamente adquiere cada vez más relevancia en un mundo donde tanto la ciencia como la tecnología son responsables de numerosas transformaciones en diversos espacios de la sociedad. En este sentido, la microelectromovilidad constituye un contexto formativo pertinente para la educación de los licenciados en Tecnología.

¿Qué se entiende por IBD?

La investigación basada en diseño es un enfoque metodológico que surgió en el campo de la educación, pero que hoy se aplica también en otras áreas, como la tecnología, la innovación y la ingeniería. Su esencia consiste en diseñar, implementar, analizar y refinar soluciones educativas o tecnológicas en contextos reales, al tiempo que se genera conocimiento teórico y práctico. El proceso metodológico de IBD es iterativo, se ilustra en la Figura 2 y consiste en las siguientes fases: 1) identificación del problema; 2) análisis y diseño de la intervención; 3) implementación en el contexto; 4) evaluación y análisis; y 5) rediseño y ajustes. Las fases 1 y 2 se realizan solamente en la primera iteración; las siguientes fases pueden realizarse varias veces, de acuerdo con el nivel de refinamiento requerido para la solución educativa.

Figura 2.
Proceso de IBD implementado



Fuente: elaboración propia.

Metodología

Este estudio adopta un enfoque metodológico mixto que integra técnicas cualitativas y cuantitativas, enmarcado en la investigación basada en diseño (IBD). Desde la perspectiva cuantitativa, se aplicaron instrumentos de pre-test y pos-test con el fin de evaluar los resultados de aprendizaje. Por su parte, en el componente cualitativo se diseñó y aplicó un instrumento de percepción antes y después de las intervenciones, con el propósito de analizar los cambios en las apreciaciones de los estudiantes a lo largo del proceso. En el presente trabajo se implementaron dos iteraciones de la metodología IBD, cuyas fases y procedimientos se describen a continuación.

Fase 1. Identificación del problema

El problema que orienta este trabajo puede formularse de la siguiente manera: no se dispone de una secuencia didáctica que aborde los fundamentos y componentes de los vehículos eléctricos livianos en el contexto de la formación tecnológica y que, al mismo tiempo, permita aprovechar el potencial didáctico del banco de pruebas existente. Para orientar adecuadamente la intervención educativa, se fijaron los siguientes objetivos de aprendizaje (OA):

- OA1. Identificar y caracterizar los componentes principales de un scooter. El estudiante debe reconocer elementos como la batería, el motor, el controlador, los sensores y el sistema de carga, de modo que comprenda sus funciones, características técnicas y relaciones funcionales.
- OA2. Comprender el funcionamiento de los sistemas eléctricos y electrónicos de un scooter. Este objetivo busca que el estudiante interprete la lógica operativa

del sistema de propulsión, la gestión de energía y la comunicación entre subsistemas, a partir de diagramas, esquemas y pruebas funcionales.

- OA3. Diagnosticar fallas en componentes clave mediante el uso del tablero de pruebas. Se espera que el estudiante aplique procedimientos de medición y análisis para detectar fallas comunes, eléctricas, electrónicas o de conexión, mediante el tablero como herramienta para la supervisión y evaluación del estado de los componentes.

Fase 2. Análisis y diseño de la intervención

Como análisis preliminar, se realizó una revisión del estado del arte y de las experiencias previas reportadas en relación con la enseñanza de conceptos de electromovilidad, expuestas previamente en la sección de antecedentes. A partir de ello, se elaboró una primera propuesta de secuencia didáctica, consistente en la realización de dos sesiones teóricas expositivas y una sesión práctica, con actividades de identificación, análisis de componentes, resolución de problemas y discusiones en grupo, en concordancia con los objetivos de aprendizaje y con el uso del modelo instruccional 5E para la sesión práctica. El modelo 5E se empleó específicamente para el diseño de las sesiones prácticas, mientras que las sesiones teóricas se estructuraron bajo un enfoque expositivo-participativo orientado a la preparación conceptual de los estudiantes, como se reporta en la siguiente tabla.

Tabla 1.

Estructura de las sesiones teóricas expositivas sobre conceptos básicos de microelectromovilidad

Nombre de la sesión	Momento de la sesión	Objetivo pedagógico	Recursos y didácticas	Tiempo
Sesión 1. Conceptos básicos de electromovilidad. Batería y Sistema de administración de batería (BMS)	Apertura y motivación de saberes previos. Preguntas sobre experiencias previas: ¿cómo funciona un scooter?; ¿cuánta energía consume un scooter para transportar una persona mensualmente?; ¿cuál es el costo de esa energía?	Conectar conocimientos previos de electricidad y electrónica, especialmente conceptos de energía y potencia.	Preguntas guía. Diapositiva inicial. Lluvia de ideas.	10 min
	Presentación del propósito y agenda	Identificar el propósito de la sesión y la secuencia de actividades que se desarrollarán.	Diapositiva OA. Exposición.	5 min
	Exposición del contenido: -Componentes y estructura de un vehículo eléctrico -Batería -BMS	Comprender la estructura y reconocer los componentes de un vehículo eléctrico. Entender el funcionamiento de las baterías y BMS especializados para scooters.	Diapositivas. Diagramas de bloques y esquemáticos de circuitos.	120 min
	Pausas de retroalimentación	Identificar avances y dificultades en su aprendizaje	Pantalla digital. Kahoot.	3 de 10 min
	Cierre	Sintetizar las ideas clave de la sesión y verificar el cumplimiento de su propósito.	Diapositiva de conclusiones. Exposición y Kahoot.	15 min
Sesión 2. Funcionamiento del motor y del controlador	Apertura y motivación de saberes previos. Preguntas sobre experiencias previas y lluvia de ideas: ¿cómo funciona un motor de Scooter?; ¿qué funciones cumple el controlador?; ¿cuáles componentes internos tienen un controlador?	Conectar conocimientos previos de motores, sensores y electrónica digital.	Preguntas guía. Diapositiva inicial. Lluvia de ideas.	10 min
	Presentación del propósito y agenda	Identificar el propósito de la sesión y la secuencia de actividades que se desarrollarán.	Diapositiva OA. Exposición.	5 min
	Exposición del contenido: Repaso del funcionamiento de motores de corriente continua. Repaso del funcionamiento de sensores de efecto hall. Repaso de funcionamiento de un convertidor de corriente continua a corriente alterna (inversor). Funcionamiento de un Motor DC sin escobillas (BLDC). Funcionamiento de un controlador de scooter.	Comprender el funcionamiento de un motor BLDC y las tareas de un controlador de un vehículo eléctrico liviano.	Diapositivas y animaciones que muestran el funcionamiento de un motor BLDC. Diagramas de bloques y esquemáticos de circuitos.	110 min
	Pausas de retroalimentación	Identificar avances y dificultades en su aprendizaje	Pantalla digital. Kahoot.	3 de 10 min
	Cierre y conexión con la práctica	Sintetizar las ideas clave de la sesión y verificar el cumplimiento de su propósito. Conectar con la sesión práctica.	Diapositiva de conclusiones. Manual de usuario del tablero de pruebas. Exposición y Kahoot.	25 min

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la sesión práctica, se diseñaron tres guías con el enfoque 5E, cuya estructura general se resume en la Tabla 2. Debido a la disponibilidad de un único banco

de pruebas, la sesión práctica se desarrolló en tres repeticiones consecutivas, cada una dirigida a un subgrupo de cuatro participantes.

Tabla 2.

Estructura de tres guías prácticas orientadas con el modelo 5E

Nombre de la guía	Fase del modelo 5E y descripción	Propósito pedagógico	Productos o evidencias esperadas	Tiempo estimado
Guía 1. Estructura general del scooter, batería y BMS	Enganche ¿Preguntas detonantes: ¿qué elementos permiten que el scooter funcione? ¿cómo están conectados en el scooter del tablero de pruebas? ¿cómo calcular la energía requerida para cargar la batería en su totalidad?	Activar conocimientos previos y generar interés sobre la arquitectura del scooter utilizado en el tablero de pruebas.	Respuestas a las preguntas.	20 min
	Exploración Inspección visual de la batería y su BMS. Revisión del manejo de instrumentos de medición para calcular la potencia de carga de la batería.	Apropiarse del funcionamiento real de los sistemas de almacenamiento y gestión de energía.	Medidas eléctricas obtenidas y circuito esquemático de la conexión interna de la batería.	10 min
	Explicación Análisis guiado del funcionamiento del BMS y del flujo de energía.	Reconocer la conexión interna y el funcionamiento de un BMS.	Síntesis del funcionamiento del BMS y de la batería empleados en el tablero de pruebas, con asesoría del tutor. Circuito esquemático construido por los estudiantes.	20 min
	Elaboración Cálculo de energía necesaria para cargar la batería y costo estimado de la carga para un scooter diferente al del tablero de pruebas —descrito en la guía—. Evaluación Preguntas de cierre a manera de autoevaluación	Transferir el conocimiento a situaciones reales y cuantificables. Valorar la comprensión y la rigurosidad del procedimiento.	Cálculo razonado con fórmulas y resultados. Respuestas del cuestionario.	20 min

Nombre de la guía	Fase del modelo 5E y descripción	Propósito pedagógico	Productos o evidencias esperadas	Tiempo estimado
Guía 2. Control de conducción	Enganche Presentación de la pregunta orientadora: ¿cómo interpreta el controlador principal lo que hace el usuario?	Contextualizar el análisis del sistema hombre-máquina o máquina-máquina.	Respuesta a la pregunta orientadora.	10 min
	Exploración Identificación por descubrimiento de los cables, señales y conectores entre pantalla, acelerador, freno y controlador. Medición de señales cuando es posible.	Explorar activamente la interconexión del sistema.	Diagrama de bloques y conexiones descubiertas.	20 min
	Explicación A partir de los resultados de exploración, y con ayuda del docente o tutor, se realiza un circuito esquemático de la conexión entre acelerador, freno, pantalla, accesorios y el controlador principal	Alinear observaciones con fundamentos de electrónica aplicada.	Diagrama funcional del sistema de conducción.	20 min
	Elaboración A partir del diagrama de conexión de un scooter diferente al utilizado en el tablero de pruebas, los estudiantes deben explicar el funcionamiento e identificar las diferencias encontradas.	Extender el aprendizaje hacia escenarios aplicados. Para ello se presenta un diagrama de conexión distinto al del scooter del banco de pruebas.	Descripción del diagrama de conexión y síntesis de las diferencias encontradas con el scooter del banco.	15 min
	Evaluación Preguntas de cierre a manera de autoevaluación.	Valorar la comprensión y la rigurosidad del procedimiento.	Respuestas del cuestionario.	20 min

Nombre de la guía	Fase del modelo 5E y descripción	Propósito pedagógico	Productos o evidencias esperadas	Tiempo estimado
Guía 3. Motor BLDC. Controlador y diagnóstico de fallas.	Enganche Presentación de las preguntas orientadoras: ¿qué funciones cumple exactamente el controlador del scooter del tablero de pruebas?; ¿qué tipo de motor se está usando en el tablero de pruebas?; ¿cómo puede encontrarse un fallo en el motor, controlador, acelerador o freno?	Relacionar los conceptos previos adquiridos en las sesiones expositivas teóricas, con los componentes y conexiones del tablero de pruebas.	Respuestas a las preguntas orientadoras.	15 min.
	Exploración Conexión práctica del motor BLDC al controlador principal siguiendo el manual del banco. Pruebas de giro, para identificación del número de polos del motor, funcionamiento de los sensores Hall y análisis del comportamiento. Todo lo anterior usando instrumentos de medición electrónica (osciloscopio y multímetro)	Vivenciar el funcionamiento del motor y su relación con el controlador.	Capturas de las señales obtenidas mediante el osciloscopio (voltaje en las fases del motor, señales de los sensores de efecto hall). Reporte del número de polos del motor y del protocolo para su identificación. Síntesis que resume el comportamiento del motor en diferentes situaciones.	30 min
	Explicación Explicación guiada de la conmutación eléctrica y del rol del controlador. Discusión sobre señales hall y secuencias. Explicación del funcionamiento de instrumentos especializados como el micro-ohmímetro y un escáner especializado para scooters.	Consolidar el entendimiento funcional del motor BLDC y del controlador, así como el manejo de instrumentos especializados para la detección de fallas.	Análisis de las señales obtenidas mediante el osciloscopio en la fase de exploración.	30 min
	Elaboración Actividad aplicada: análisis de algunas fallas simuladas. Problemas de alimentación de los sensores del motor o conexiones erradas en fases del motor.	Transferir el conocimiento al diagnóstico real.	Descripción de las fallas y procedimientos de solución.	30 min
	Evaluación Preguntas de cierre a manera de autoevaluación.	Valorar la comprensión y la rigurosidad del procedimiento.	Respuestas del cuestionario.	20 min

Fuente: elaboración propia.

Fase 3. Implementación en el contexto: primera iteración

Para esta primera iteración se trabajó, por conveniencia, con un grupo de 12 participantes con formación técnica o tecnológica: once hombres y una mujer. Seis de ellos tenían formación en electricidad; tres, en electrónica; y tres, en mantenimiento de vehículos de combustión. La selección de la muestra respondió a un muestreo no probabilístico por conveniencia, sustentado en criterios de accesibilidad y participación voluntaria. En este sentido, se realizó una convocatoria a través de la Cámara de Comercio, dirigida a empresarios con perfiles técnicos y tecnológicos interesados en procesos de formación en electromovilidad. Como resultado de esta convocatoria, se registraron 16 participantes, de los cuales 12 cumplieron con los criterios establecidos y completaron el proceso formativo.

Esta selección se fundamenta en la accesibilidad a la población objetivo y en el carácter exploratorio de la primera iteración dentro del enfoque de investigación basada en diseño, con prioridad en la profundidad del análisis sobre la representatividad estadística. La intervención fue dirigida por dos de los investigadores, uno con título de Ingeniería Electrónica y otro con título de Ingeniería Eléctrica, quienes actuaron como docentes responsables del proceso.

Antes de iniciar las actividades, se aplicó un pre-test con el propósito de identificar el nivel de conocimientos inicial de los participantes en relación con la electromovilidad. Posteriormente, se desarrollaron dos sesiones teóricas, cada una con una duración de tres horas, de acuerdo con la estructura presentada en la Tabla 1. A continuación, se llevó a cabo una sesión práctica de cinco horas, conforme a la distribución de tiempos indicada en la Tabla 2. Al finalizar la intervención, se aplicó un pos-test con el fin de valorar los aprendizajes alcanzados por los participantes. Si bien el pre-test y el pos-test se orientan a evaluar el logro de los objetivos de aprendizaje, sus resultados se utilizan como evidencia indirecta para analizar la efectividad de la secuencia didáctica dentro del enfoque de investigación basada en diseño.

Fase 4. Análisis de resultados y reflexión: primera iteración

A partir de la aplicación de la intervención en el contexto, se obtuvieron varios elementos de análisis: los resultados del pre-test y del pos-test, las observaciones de los participantes, recopiladas mediante un test de percepción, así como los productos y evidencias solicitados en las guías con enfoque 5E de la sesión práctica, los cuales se encuentran listados en la Tabla 2.

Fase 5. Rediseño y ajustes de la intervención: primera iteración

Finalmente, en esta fase, a partir de los resultados de la fase anterior, se plantearon los ajustes que debían realizarse en la secuencia didáctica con el fin de refinar la intervención educativa. Los ajustes realizados en la secuencia didáctica para la segunda iteración se describen en la sección de resultados del presente trabajo.

Fase 3. Implementación en el contexto: segunda iteración

En esta iteración, para seleccionar la muestra, se realizó una convocatoria a los estudiantes del programa de Licenciatura en Tecnología con al menos el 50 % de los créditos aprobados, con el propósito de asegurar competencias técnicas intermedias. A la convocatoria se inscribieron 20 estudiantes y se seleccionaron 12 de ellos: 9 hombres y 3 mujeres. Para la elección, se dio prioridad a estudiantes con conocimientos previos en análisis de circuitos, máquinas eléctricas, electrónica analógica y electrónica digital, lo que constituye la base para el abordaje de los contenidos relacionados con electromovilidad. En este caso, la intervención fue dirigida por uno de los investigadores, con título de Ingeniería Electrónica, y la sesión práctica fue acompañada por un estudiante en terminación académica, previamente capacitado.

Al igual que en la primera iteración, antes de iniciar las actividades se aplicó un pre-test. Posteriormente, se desarrollaron dos sesiones teóricas, cada una con una duración de tres horas, de acuerdo con la estructura presentada en la Tabla 1. A continuación, se llevaron a cabo tres sesiones prácticas de dos horas, una para cada subgrupo de cuatro participantes, lo cual constituyó uno de los cambios realizados en la secuencia didáctica. Al finalizar la intervención, se aplicó un pos-test con el fin de valorar los aprendizajes alcanzados por los participantes.

Descripción de instrumentos

Desde la perspectiva cuantitativa, en este estudio se aplicaron instrumentos de pre-test y pos-test con el fin de evaluar los resultados de aprendizaje en términos de OA1, OA2 y OA3. Por su parte, en el componente cualitativo se diseñó un test de percepción para aplicarlo antes y después de las intervenciones, con

el propósito de analizar los cambios en las apreciaciones de los estudiantes a lo largo del proceso. En cuanto a la aplicación, se diseñó un cuestionario con 50 preguntas, distribuido así: para el pre-test y el pos-test se diseñaron 35 ítems de conocimiento, con las opciones “Falso”, “Verdadero” y “No estoy seguro(a)”; para el test de percepción se diseñaron 13 ítems y, finalmente, dos ítems orientados a medir actitud y motivación.

Dentro de los 35 ítems de conocimiento, se emplearon 6 ítems redundantes. En cuanto a la consistencia interna, dado que los ítems de conocimiento fueron codificados de manera dicotómica —1 = respuesta correcta; 0 = respuesta incorrecta o “no estoy seguro(a)” —, se empleó el coeficiente KR-20 para estimar la consistencia interna del instrumento. Este se calculó mediante la expresión:

$$KR_{20} = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k p_i q_i}{\sigma_T^2} \right)$$

donde k corresponde al número de ítems, p_i a la proporción de respuestas correctas en el ítem i , q_i a la proporción de respuestas incorrectas y, σ_T^2 a la varianza de la puntuación total. En este estudio, el instrumento asociado a los 35 ítems de conocimiento presentó un $KR_{20} = 0,8$ lo cual indica un nivel adecuado de consistencia interna.

Algunos ejemplos de ítems de conocimiento, con sus respuestas correctas, se reportan a continuación:

- El motor BLDC se alimenta directamente con corriente AC. Falso.
- La regulación de la velocidad de la patineta se hace con una técnica llamada PWM —modulación del ancho de pulso— para la señal de voltaje. Verdadero.
- El motor BLDC puede usarse para el sistema de freno regenerativo. Verdadero.

En cuanto al test de percepción, se utilizó una escala tipo Likert de 1 a 5: totalmente en desacuerdo (1), en desacuerdo (2), neutral (3), de acuerdo (4) y totalmente de acuerdo (5). Los 13 ítems buscan evaluar la *percepción del aprendizaje*. A continuación, se presentan algunos ejemplos:

- Reconozco los componentes principales de un scooter eléctrico: batería, motor, controlador, sensores, sistema de carga.
- Puedo explicar cómo se relacionan entre sí la batería, el motor y el controlador en un scooter eléctrico.
- Sé aplicar procedimientos básicos para detectar fallas en los componentes de un scooter.

Los productos generados en el desarrollo de las guías 5E constituyen también una fuente de información para la evaluación de los resultados de aprendizaje. En el presente estudio, el análisis se centró en los diagramas técnicos elaborados por los estudiantes, así como en las producciones escritas desarrolladas específicamente durante la fase de Explicación. La valoración de estos productos se hizo solamente desde el punto de vista técnico. Por ejemplo, en los diagramas se revisó si la propuesta de los estudiantes correspondía con la conexión eléctrica adecuada entre componentes; en los escritos, se revisó si la terminología y los conceptos usados en sus respuestas resultaban coherentes con los conceptos técnicos estudiados en las sesiones teóricas descritas en las Tablas 1 y 2.

Resultados y análisis

De acuerdo con lo planteado en la sección de metodología, la secuencia didáctica propuesta fue diseñada y refinada bajo el enfoque de la investigación basada en diseño (IBD), mediante dos iteraciones sucesivas que permitieron ajustar progresivamente sus componentes pedagógicos y didácticos. En este sentido, la propuesta desarrollada coincide con lo planteado por Hayashi *et al.* (2022), al integrar actividades teóricas y prácticas como eje central de la estrategia formativa. Asimismo, se alinea con lo señalado por Richnák (2025), quien sostiene que la incorporación de la electromovilidad en la educación superior implica una transición desde enfoques predominantemente teóricos hacia experiencias de aprendizaje de carácter aplicado y contextualizado.

De igual manera, las guías didácticas diseñadas bajo el enfoque 5E incorporan procesos de evaluación distribuidos a lo largo de las diferentes fases de la secuencia, lo que permite dar seguimiento continuo al aprendizaje de los estudiantes y favorecer procesos sistemáticos de retroalimentación. Este planteamiento resulta consistente con lo expuesto por Cheng (2022), quien destaca la importancia de distribuir la evaluación durante todo el proceso formativo, en lugar de concentrarla en momentos finales, con el fin de promover un aprendizaje sostenido y progresivo.

Las Tablas 3 y 4 resumen los resultados de la aplicación de los instrumentos empleados para ambas iteraciones de la metodología IBD.

Tabla 3.

Resultados de pre-test y pos-test en las preguntas de conocimiento. A: porcentaje de aciertos; D: porcentaje de desaciertos; NE: porcentaje de “No estoy seguro(a)”. En color negro se presentan los resultados de la primera iteración; en color azul, los de la segunda iteración

oa	Formulación de los ítems	Pre-test			Pos-test		
		A	D	NE	A	D	NE
oa1	-Los controladores vienen diseñados para manejar una potencia máxima específica						
	-Existen controladores se comunican con el control de conducción (tablero de mando del vehículo) mediante protocolos de comunicación						
	-El controlador estudiado en el tablero de pruebas permite regular la velocidad de un motor ac						
	-Los cables del controlador que se conectan a las fases del motor son de mayor calibre que los que se conectan a los sensores						
	-El SoC de una batería de iones de litio es más fácil de determinar que el de una batería de plomo-acido	59	33	8	75	25	0
	-Si la capacidad de la batería es 7,8 A-H entonces la corriente de carga debe ser 7,8A	40	55	5	70	27	3
	-La autonomía del vehículo eléctrico está directamente relacionada con la capacidad de la batería						
	-El motor bldc se alimenta directamente con corriente ac						
	-El motor bldc se puede conectar a un alternador para hacer más eficiente el uso de energía de la batería						
	-El motor bldc puede usarse para el sistema de freno regenerativo						
oa2	-El torque de un motor bldc a velocidades cercanas a cero, es mayor que el de un motor de inducción.						
	-El acelerador se comunica con el controlador directamente						
	-El acelerador, mediante un sensor de efecto hall, envía señal de voltaje al control de conducción.						
	-Dentro de los controladores existe una parte que permiten variar la velocidad del motor bldc						
	-El convertor dc/ac que se encuentra dentro del controlador permite alimentar los accesorios del vehículo eléctrico						
	-El convertor dc/ac esta principalmente compuesto por un conjunto de 6 interruptores electrónicos (transistores mosfet)						
	-La regulación de la velocidad de la patineta se hace con una técnica llamada pwm (modulación del ancho de pulso) para la señal de voltaje.	50	42	8	70	25	5
	-El bms se encarga de proteger las baterías al evitar la sobrecarga y sobre descarga de las mismas	35	45	20	65	25	10
	-Si la arquitectura interna de la batería es 10s-3p, significa que tienen 10 conjuntos de celdas en serie y cada conjunto tiene 3 celdas.						
	-Para extender el tiempo de uso de la batería de iones de litio se recomienda no dejarla descargar a menos del 30 % de su capacidad						
	-La configuración interna típica de los devanados de un motor bldc para un scooter es en estrella.						
	-Los sensores del motor del tablero de pruebas funcionan a 12 voltios						
	-El sensor del acelerador se debe alimentar a 12 V						

oa	Formulación de los ítems	Pre-test			Pos-test		
		A	D	NE	A	D	NE
oa3	-Es posible establecer el estado de los mosfet sin tener que desarmar el controlador.						
	-El estado de los mosfet se puede determinar usando un multímetro en modo prueba de diodos						
	-El SoH de una batería de iones de litio se puede determinar fácilmente usando un micro-ohmímetro						
	-Se requiere un instrumento especializado para determinar el SoH de una batería de litio						
	-Determinar si una batería de iones de litio se encuentra correctamente balanceada es posible mediante el uso de un voltímetro	25	25	50	50	25	25
	-Si una de las celdas (o conjuntos de celdas) de la batería está desbalanceada, se requiere obligatoriamente reemplazar la celda.	15	35	50	55	25	20
	-Con un micro-ohmímetro es posible determinar el estado del bobinado del motor bldc						
	-Con una prueba sencilla mediante el escáner especializado para scooters, es posible determinar el estado de los sensores de un motor bldc						
	-Un motor bldc puede girar a pesar de que haya un sensor del motor en mal estado.						
	-La cantidad de imanes (polos) del motor se puede determinar mediante el uso adecuado del escáner empleado en las practicas						
	-El sensor del acelerador se puede diagnosticar mediante el escáner						
	-El sensor del freno y el acelerador se pueden diagnosticar empleando un multímetro y una fuente de 5V						

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4.

Resultados de pre-test y pos-test en las preguntas de percepción. Escala tipo Likert de 1 a 5. M: media; DE: desviación estándar. En color negro se presentan los resultados de la primera iteración; en color azul, los de la segunda iteración

oa	Formulación del ítem	Pre- test		Pos-test	
		M	DE	M	DE
oa1	Reconozco los componentes principales de un scooter eléctrico (batería, motor, controlador, sensores, sistema de carga).	3,2	0,9	4,1	0,6
		2,6	0,9	4,3	0,7
	Podría describir las funciones y características de los principales componentes de un scooter eléctrico.	2,0	1,0	4,4	0,3
		1,8	0,8	4,4	0,7
	Distingo las relaciones básicas entre los componentes eléctricos y electrónicos de un scooter.	1,5	0,7	4,0	0,5
		2,0	1,0	4,1	0,7

oa	Formulación del ítem	Pre-test		Post-test	
		M	DE	M	DE
oa2	Entiendo la lógica de funcionamiento de los sistemas eléctricos y electrónicos de un scooter.	2,0	1,0	4,4	0,8
		2,0	0,7	4,4	0,7
	Puedo explicar cómo se relacionan entre sí la batería, el motor y el controlador en un scooter eléctrico.	2,5	1,0	4,3	0,6
		2,0	0,7	4,5	0,7
	Soy capaz de interpretar diagramas básicos de circuitos eléctricos.	4,0	0,8	4,1	0,9
		3,2	1,1	4,1	1,0
	Estoy familiarizado con los diagramas eléctricos de sistemas de propulsión eléctrica.	4,0	0,8	4,5	0,2
		1,8	0,8	4,7	0,7
	Me resulta sencillo interpretar diagramas eléctricos básicos para comprender el funcionamiento de un scooter.	2,0	0,7	4,2	0,6
		2,6	1,0	4,7	0,7
oa3	Sé aplicar procedimientos básicos para detectar fallas en los componentes de un scooter.	1,2	0,3	3,8	1,0
		1,7	0,9	4,5	0,7
	Me considero capaz de utilizar instrumentos de medición (multímetro, osciloscopio) para identificar fallas en sistemas eléctricos.	4,1	0,5	4,2	0,6
		3,3	1,4	4,0	0,9
	Podría identificar fallas comunes (eléctricas, electrónicas o de conexión) en un scooter eléctrico.	2,0	0,8	4,0	0,6
		2,4	1,0	4,2	0,6
	Confío en mi capacidad para usar un tablero de pruebas en el diagnóstico de fallas.	4,0	0,7	4,1	0,5
		3,1	1,2	4,0	0,9
	Podría identificar fallas comunes en scooters eléctricos a partir de lecturas de instrumentos de medición.	2,7	0,8	4,0	0,6
		2,4	0,7	4,2	0,6

Fuente: elaboración propia.

Los resultados presentados en la Tabla 3 muestran que los participantes lograron apropiarse de conceptos clave de la tecnología MEM, especialmente en lo que se refiere a conceptos de electricidad (OA1 y OA2), ya que los datos evidencian un incremento significativo en el porcentaje de aciertos en las preguntas de conocimiento tras la intervención educativa en ambas iteraciones de la metodología IBD. Es de resaltar que estudios previos y similares, como los de Cheng (2022) y Núñez-Donoso y López-Guede (2020), no realizan análisis cuantitativos como el que se presenta en este trabajo.

En términos generales, para la primera iteración, los participantes alcanzaron un aumento aproximado del 30 % en las respuestas correctas con respecto a la medición inicial. No obstante, en relación con el OA3, para la primera iteración se observa que, después de

la intervención, únicamente el 50 % de los participantes respondió correctamente a los ítems asociados a la identificación de fallas, lo que sugiere la necesidad de reforzar este componente en la segunda iteración. Por otra parte, en cuanto a los resultados de percepción para ambas iteraciones, la Tabla 4 muestra un aumento en las medias obtenidas en el post-test, las cuales, en algunos casos, pasaron de valores cercanos a 2,0 a valores próximos a 4,0. Este comportamiento indica un incremento considerable en la percepción de confianza respecto a los conocimientos adquiridos durante la intervención y da cuenta de la pertinencia de la secuencia didáctica propuesta.

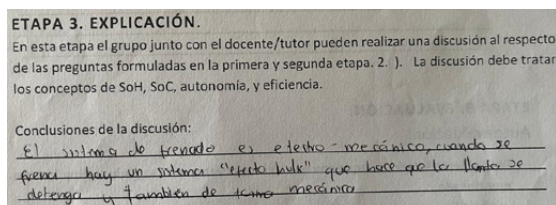
En cuanto a los resultados cualitativos de la primera iteración, se encontró que algunos de los ejercicios propuestos en las guías diseñadas bajo el enfoque 5E no fueron desarrolla-

dos en su totalidad, principalmente debido a las limitaciones de tiempo durante la implementación. Asimismo, se evidenció que ciertos productos solicitados en las guías no resultaron adecuados para alcanzar los propósitos formativos esperados, lo que pone de manifiesto la necesidad de incorporar explicaciones más claras y orientaciones más precisas en determinadas temáticas. Un ejemplo destacado de esta situación se ilustra en la Figura 3, correspondiente a la Guía 1 en su fase de Explicación del modelo 5E, en la cual se solicitaba abordar específicamente aspectos relacionados con el estado de salud de la batería (State of Health, SoH), el estado de carga (State of Charge, SoC), la autonomía y la eficiencia. Sin embargo, las conclusiones elaboradas por los participantes no trataron dichos conceptos, lo que indica la necesidad de hacer ajustes y clarificaciones en las etapas expositivas o de agregar mayor información en las guías. En consecuencia, para la segunda iteración se realizaron los siguientes ajustes:

- En la segunda iteración se fortaleció el tratamiento del OA3, relacionado con la identificación de fallas. Para ello, se amplió la información conceptual y procedimental asociada a este objetivo y se incorporó un nuevo recurso didáctico durante la segunda sesión teórica, consistente en ejemplos ilustrativos apoyados en material fotográfico. Estos ejemplos buscan contextualizar fallas reales en los componentes del scooter y facilitar la comprensión de los criterios de diagnóstico, con el fin de mejorar el desempeño de los participantes en las actividades prácticas.
- Con el propósito de aclarar los conceptos de estado de salud de la batería (State of Health, SoH), estado de carga (State of Charge, SoC), autonomía y eficiencia, en la segunda iteración se incorporó un recurso didáctico adicional en la primera sesión teórica. Dicho recurso consistió en el uso de un simulador de carga y descarga de baterías de ion-litio (The MathWorks, Inc., 2025). Este simulador permite ajustar los parámetros característicos de la batería y analizar su comportamiento bajo diferentes condiciones de operación, sin necesidad de esperar los extensos tiempos asociados a los procesos reales de carga y descarga.
- Con el fin de optimizar el tiempo destinado a las actividades prácticas y mejorar la distribución de la carga cognitiva por sesión, en la segunda iteración se reestructuró el componente práctico de la intervención. En lugar de una única sesión práctica de cinco horas, se implementaron tres sesiones prácticas de dos horas, una para cada guía 5E, lo que incrementó el tiempo total de práctica y favoreció una mayor progresión en el desarrollo de las actividades.

Figura 3.

Ejemplo de producto solicitado en las guías 5E



Fuente: archivo fotográfico de los autores.

En la segunda iteración se evidenció que, para el ejemplo de la Figura 3, los subgrupos de trabajo emplearon, en su mayoría, los términos SoH, SoC, autonomía y eficiencia, lo cual indica que los ajustes realizados en la segunda iteración de IBD resultaron útiles para refinar la intervención educativa. Cabe destacar también que, en la Tabla 3, los resultados de los pos-test obtenidos en ambas iteraciones presentan comportamientos similares. Este hecho resulta relevante si se considera que la población de la primera iteración estaba conformada, en su mayoría, por participantes con experiencia previa en mantenimiento eléctrico o electrónico, mientras que la segunda correspondía a estudiantes del programa de Licenciatura en Tecnología. Estos resultados sugieren que la secuencia didáctica diseñada permite alcanzar los objetivos de aprendizaje, independientemente del perfil inicial de los participantes. No obstante, persisten oportunidades de mejora, particularmente en relación con el OA3, asociado a la identificación de fallas, aspecto que requiere un mayor fortalecimiento en futuras iteraciones.

Los resultados indican que la identificación de fallas en sistemas de microelectromovilidad requiere no solo un conocimiento conceptual más profundo de los componentes tecnológicos, sino también el desarrollo de capacidades de análisis posiblemente relacionadas con el pensamiento tecnológico. Este hallazgo se encuentra en línea con lo reportado por

Torres-Sánchez y Zapata-Castañeda (2025), quienes señalan la importancia de fortalecer las habilidades cognitivas asociadas a la comprensión y operación de sistemas tecnológicos en contextos de formación.

Conclusiones

Los resultados evidencian que la secuencia didáctica implementada favorece la apropiación de conceptos fundamentales de la microelectromovilidad, particularmente en los objetivos de aprendizaje asociados a los sistemas eléctricos y electrónicos (OA1 y OA2). El incremento en el porcentaje de respuestas correctas en los pos-test, junto con la mejora significativa en los indicadores de percepción, sugiere que la intervención contribuye tanto al fortalecimiento del conocimiento conceptual como al aumento de la confianza de los estudiantes frente a los contenidos abordados.

Los resultados muestran que el objetivo de aprendizaje relacionado con la identificación de fallas (OA3) presenta mayores dificultades en comparación con los demás objetivos, lo cual se evidencia en los menores niveles de acierto en la primera iteración. Este comportamiento sugiere que el desarrollo de habilidades de diagnóstico requiere no solo mayor profundidad conceptual, sino también estrategias didácticas específicas que favorezcan el pensamiento tecnológico y la interpretación de sistemas complejos. Esto se confirma parcialmente con las mejoras observadas tras los ajustes realizados en la segunda iteración y constituye un enfoque interesante para trabajos futuros.

Desde el enfoque de la investigación basada en diseño, los resultados de la segunda iteración evidencian que el refinamiento de la secuencia didáctica, a partir del análisis sistemático de la primera implementación, contribuyó a optimizar el desarrollo de las se-

siones teóricas y prácticas, fortaleció el aprovechamiento del banco de pruebas y consolidó la secuencia didáctica propuesta como una estrategia pertinente para la enseñanza de conceptos de electromovilidad en la formación de los estudiantes de Licenciatura en Tecnología.

Los resultados del estudio ponen de manifiesto la importancia de disponer de materiales didácticos y bancos de pruebas que permitan a los estudiantes de Licenciatura en Tecnología interactuar con sistemas reales y funcionales, en los cuales se integren de manera articulada componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos. Se resalta que la disponibilidad de un solo banco de pruebas exigió que la sesión práctica se dividiera en tres repeticiones consecutivas con subgrupos de cuatro participantes, lo cual pudo haber afectado la uniformidad de la experiencia de aprendizaje. Esto constituye una posible mejora para trabajos futuros.

Referencias

- Barab, S. A. y Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1
- Bretones, A., Marquet, O., Daher, C., Hidalgo, L., Nieuwenhuijsen, M., Miralles-Guasch, C. y Mueller, N. (2023). Public Health-Led Insights on Electric Micro-Mobility Adoption and Use: A Scoping Review. *Journal of Urban Health*, 100(3), 612-626. <https://doi.org/10.1007/s11524-023-00731-0>
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202_2
- Bybee, R. W., Taylor, J. A. y Gardner, A. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. BSCS. https://bscs.org/wp-content/uploads/2022/01/bscs_5e_full_report-1.pdf
- Cansino, J. M., Sánchez-Braza, A. y Sanz-Díaz, T. (2018). Policy Instruments to Promote Electro-Mobility in the EU28: A Comprehensive Review. *Sustainability*, 10(7), 2507. <https://doi.org/10.3390/su10072507>
- Cheng, K. W. E. (2022). *Electric Vehicle and Electrical Engineering Teaching Experience During Pandemic Disease* (ponencia). 2022 IEEE 9th International Conference on Power Electronics Systems and Applications (PESA). <https://doi.org/10.1109/PESA55501.2022.10038404>
- Collins, A. (1992). Toward a Design Science of Education. En E. Scanlon y T. O'Shea (eds.), *New Directions in Educational Technology* (pp. 15-22). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77750-9_2

- Comisión Europea. (2020). *Sustainable and Smart Mobility Strategy: Putting European Transport on Track for the Future* (COM(2020) 789 final). https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5e601657-3b06-11eb-b27b-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_1&format=PDF
- Electromaps. (2025). *Listado de puntos de recarga para vehículos eléctricos en Colombia*. <https://www.electromaps.com/es/puntos-car-ga/colombia>
- Hayashi, T., Takahashi, Y., Hara, K., Takemura, Y. y Yamaguchi, S. (2022). *Online Competition of Small Electric Vehicle as an Exercise in Design Education: Pico-EV Eco Challenge* (ponencia). 2022 22nd International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), 1842-1847. <https://doi.org/10.23919/ICCAS55662.2022.10003949>
- Hertel, D., Bräunig, G., y Thüerer, M. (2024). *Towards a Green Electromobility Transition: A Systematic Review of the State of the Art on Electric Vehicle Battery Systems Disassembly*. *Journal of Manufacturing Systems*, 74, 387-396. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2024.03.013>
- Ministerio de Energía. (2022). *Estrategia nacional de electromovilidad*. Gobierno de Chile. https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia-nacional-electromovilidad_ministerio-de-energia.pdf
- Núñez-Donoso, F. A. y Lopez-Guede, J. M. (2020). *Electromobility Laboratory: A Contribution for Student Participation in Higher Education*. En Á. Herrero, C. Cambra, D. Urda, J. Sedano, H. Quintián y E. Corchado (eds.), *The 11th International Conference on European Transnational Educational* (ICEUTE 2020) (pp. 367-373). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-57799-5>
- Richnák, P. (2025). *Integration of Electromobility Education into University Study Programmes* (ponencia). *EDULEARN25 Proceedings*, 7235-7241. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2025.1793>
- The MathWorks, Inc. (2025). *Simscape Battery Toolbox* (versión 2025b) (software). The MathWorks, Inc. <https://la.mathworks.com/products/simscape-battery.html>
- Torres-Sánchez, J. D. y Zapata-Castañeda, P. N. (2025). *El pensamiento tecnológico y sus procesos cognitivos: una revisión del estado del arte*. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 57, 101-120. <https://doi.org/10.17227/ted.nu.m57-19661>
- Velho, S. R. K., Vanderlinde, A. S. G., Almeida, A. H. A. y Barbalho, S. C. M. (2024). *Electromobility Strategy on Emerging Economies: Beyond Selling Electric Vehicles*. *Cleaner Energy Systems*, 9, 100166. <https://doi.org/10.1016/j.cles.2024.100166>

