



## APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS COMO ESTRATEGIA PARA APRENDER SOBRE ELECTRICIDAD: ESTUDIO DE CASO EN UNA ESCUELA RURAL COLOMBIANA

*Project-Based Learning as a strategy to learn about electricity: a case study in a rural Colombian school*

**Christian Fernney Giraldo Macías** [fernney.giraldo@udea.edu.co]

*Programa de Doctorado en Educación*

*Universidad de Burgos*

*Burgos, España*

**Jesús Ángel Meneses Villagrà** [meneses@ubu.es]

**María Concesa Caballero Sahelices** [concesa@ubu.es]

*Departamento de Didácticas Específicas*

*Programa de Doctorado de Educación*

*Universidad de Burgos*

*Burgos, España*

### Resumen

Existe cierto consenso sobre la necesidad de promover enseñanzas que permitan acercar a los estudiantes a las problemáticas que emergen de los contextos particulares, como mecanismo para resolver problemas, potenciar competencias, habilidades científicas y fomentar el trabajo colaborativo. Este trabajo pretende responder a esa inquietud y forma parte de una investigación más amplia, cuya finalidad es implementar el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy) como una estrategia pedagógica que impulse en los estudiantes la comprensión de los contenidos de electricidad y circuitos eléctricos del currículo oficial, utilizando las fuentes de energías alternativas como generadoras de electricidad, para hacer funcionar máquinas que mejoren la calidad de vida de los ciudadanos. Los resultados que se presentan corresponden a la experiencia desarrollada con estudiantes de educación media ejecutando el proyecto “Pajarito sale a la luz”, donde se ha evaluado el potencial del ABPy para promover el interés hacia la ciencia y su aprendizaje. La evolución de la comprensión conceptual de los estudiantes se analiza a partir de las actividades del proyecto y las respuestas a los cuestionarios al inicio y final de la experiencia. El desarrollo de habilidades en la identificación y resolución de problemas, así como, la argumentación de las respuestas a preguntas y el trabajo colaborativo se han considerado indicadores de evidencias de aprendizaje.

**Palabras Clave:** Electricidad; Energías alternativas; Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy).

### Abstract

There is a certain consensus about the need to promote different trainings that allow students to approach and solve problems that emerge from particular contexts, enhance competencies, expand scientific skills and encourage collaborative work. This work aims to respond to this concern and is part of a wider investigation, the aim of this working paper is to use Project-Based Learning (PjBL) as a pedagogical strategy to encourage students to understand electricity and electrical circuits using alternative energy sources to operate machines -as electricity generators- that will improve the quality of life of citizens. The results presented correspond to the experience developed with middle school students executing the project “Pajarito sale a la luz”, where the potential of the PjBL in the interest towards science and its learning has been evaluated. The evolution of the students' conceptual understanding is analyzed based on the project activities and the answers to the questionnaires at the beginning and end of the experience. The development of different skills, as well as collaboration and argumentation, have been considered indicators of learning evidences.

**Keywords:** Electricity; Alternative energies; Project-Based Learning (PjBL).

## INTRODUCCIÓN

La responsabilidad del desinterés de los estudiantes en el estudio de la ciencia recae en el planteamiento que aún mantiene su enseñanza (Benítez & García, 2013), centrada en el profesor como protagonista del evento educativo. En el aula se muestra una imagen de ciencia académica y formalista (Astudillo, Rivarosa, & Ortiz, 2011) y lo que se enseña apenas se relaciona con la ciencia presente en el mundo cotidiano o con la ciencia no formal de los medios de comunicación (De Pro Bueno & Ezquerro, 2008).

Para revertir esta situación, se considera que las propuestas de enseñanza deben reunir al menos dos características: a) en primer lugar, deben condicionarse al contexto al que van dirigidas (De Pro Bueno & Rodríguez Moreno, 2010), ya que, aunque cualquier aportación puede suscitar ideas a los estudiantes, es cierto que hay variables, como el currículo oficial, la formación del profesorado, la cultura escolar y, sobre todo, las características del alumnado, que pueden complicar la transferencia intercontextual; b) en segundo lugar, deben impulsar un aprendizaje significativo, centrado en el estudiante, donde el proceso de construcción de nuevos conocimientos tiene lugar mediante la interacción de sus ideas previas con la nueva información, presentada de múltiples formas para incentivar su interés; en la medida en que ésta se relacione, de modo no literal y no arbitrario, con las ideas preexistentes en su estructura cognitiva, adquieren un sentido y un significado para el sujeto que aprende, aunque no siempre sea el más cercano a las ideas que son aceptadas por la comunidad científica (Ausubel, Novak, & Hanesian, 2003).

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy) creemos que es una estrategia pedagógica que puede potenciar el interés de los estudiantes hacia la ciencia y su aprendizaje, pues lo sitúa en el centro del proceso formativo, fomenta su autonomía y pone énfasis en respuestas a preguntas o elaboración de productos de interés, mediante la utilización de técnicas de investigación (Thomas, 2000). Además, resalta la importancia de trabajar en un contexto definido, a partir de una problemática motivadora y de interés para el estudiante, que provoca la emisión de ideas y su contraste mediante la planificación de un diseño experimental y la elaboración de un producto.

En el presente estudio se pretende valorar, desde un análisis cualitativo, la contribución del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy) en el aprendizaje de los estudiantes sobre electricidad y particularmente sobre circuitos eléctricos. Desde esa perspectiva, los indicadores de evidencias de aprendizaje se analizan considerando tres dimensiones. a) *conceptual*, en la que se toma como referente los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN) que contemplan indicadores como: “verifico la conducción de electricidad o calor en materiales, identifico las funciones de los componentes de un circuito eléctrico, identifico y establezco las aplicaciones de los circuitos eléctricos en el desarrollo tecnológico y su impacto en la vida diaria”. b) *procedimental* (desarrollo de destrezas y habilidades) donde se contemplan actividades como la práctica experimental y la salida pedagógica, las acciones que potencien la habilidad para identificar problemas, manejar instrumentos y seleccionar y sistematizar información. c) *actitudinal*, provocando la sensibilización en la identificación de factores de contaminación en el entorno y el potencial de los recursos naturales en la obtención de energía para diferentes usos, como asuntos que permitan mejorar en los estudiantes la actitud hacia el aprendizaje de la electricidad.

La selección del tema ‘Electricidad’ responde a que la mayoría de los estudiantes continúan considerando sus contenidos científicos de difícil comprensión y poco atractivos (Guisasola, Zubimendi, Almudí, & Ceberio, 2008). Además, su enseñanza logra escaso aprendizaje en los estudiantes (Psillos, 1998; Duit & von Rhöneck, 1998). El trabajo presentado por De Pro Bueno y Rodríguez Moreno (2010) relata cómo la electricidad y los circuitos eléctricos han sido analizados desde diferentes perspectivas: en relación con el aprendizaje, en relación con las propuestas de enseñanza y en relación con la adquisición de competencias. En este trabajo hacemos énfasis en la primera perspectiva, como una forma de reiterar las dificultades emergentes en el momento de trabajar estos conceptos. El trabajo colaborativo y la argumentación de las respuestas a preguntas se consideran, en este estudio, estrategias útiles que aportan evidencias de aprendizaje. Se dejan abiertas algunas cuestiones y recomendaciones que son consideradas, en un segundo estudio, que se aplicó posteriormente, en el marco de la tesis doctoral presentada en 2019 en la Universidad de Burgos y de la que forma parte este estudio piloto.

Los objetivos que se persiguen en el presente trabajo son: a) Valorar, cualitativamente, la contribución del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy) en el aprendizaje de los estudiantes sobre conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales relacionados con la electricidad y, particularmente sobre circuitos eléctricos, y b) identificar dificultades y aciertos relacionados con el uso del ABPy como estrategia pedagógica.

## MARCO TEÓRICO

Desde la perspectiva metodológica se prioriza el ABPy para promover aprendizaje significativo y comprensión de significados conceptuales de circuitos eléctricos. En efecto, la revisión en los últimos ocho años sobre el estado de la cuestión del ABPy en diferentes revistas de investigación, en relación con la enseñanza de las ciencias, permite concluir que es considerado como una *metodología* que se centra en aspectos que conducen a los estudiantes a encontrar los conceptos fundamentales y principios de un tema práctico (Collazos, Otero, Isaza, & Mora, 2016; Kioupi & Arianoutsou, 2016); o como un *modelo de aprendizaje* donde los estudiantes trabajan de manera activa, planificando, implementando y evaluando proyectos que tienen aplicación en el mundo real más allá del aula (Martí, 2010); o como un tipo de *investigación escolar* (Manso & Ezquerro, 2014; Langbeheim, 2015) sobre temas que interesan a los alumnos como núcleo para engarzar los elementos del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Además, Fernández-cabezas (2017) refiere su uso en el ámbito universitario como una *experiencia de innovación*, haciendo alusión a la necesidad de formar futuros profesionales que puedan utilizar los conceptos en la solución de problemas en un contexto particular; Toledo y Sánchez (2018) mencionan el alto nivel de satisfacción de los estudiantes y la mejora en procesos como la comunicación y el liderazgo y Domènech-Casal (2018) hace énfasis en el ABPy como un *enfoque metodológico* que promueve el aprendizaje de los conceptos científicos mediante la resolución de problemas que involucran contextos y contenidos.

En el presente trabajo se comparte la definición de Domínguez, Matos, Castro, Molina y Gómez (2011), quienes entienden el ABPy como una estrategia pedagógica que busca la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes a partir de un problema real. Tiene un enfoque constructivista con énfasis investigativo, eficaz para desarrollar competencias en los estudiantes (Ausín, Delgado & Hortigüela, 2016) y promueve el desarrollo de habilidades para resolver problemas en contexto (Moursund, 2007) o crear productos. En la educación basada en proyectos, los docentes crean espacios para el aprendizaje, dan acceso a la información, modelan y guían a los estudiantes para que manejen de manera apropiada sus tareas, los animan a utilizar procesos de aprendizaje metacognitivos, respetan los esfuerzos grupales e individuales, verifican el progreso, diagnostican problemas, dan retroalimentación y evalúan los resultados generales (Rodríguez, Vargas & Luna, 2010).

Respecto a los estudiantes, estos tienen la oportunidad de asumir más responsabilidad e independencia de aprendizaje de una manera personalmente significativa (Ching & Hsu, 2013). Además, la retroalimentación de los compañeros tiene el potencial de facilitar los procesos de aprendizaje de diferentes maneras. Por ejemplo, revisar los borradores de proyectos de los compañeros puede ayudar a los estudiantes a reflexionar sobre su propio trabajo y mejorar el desempeño de sus propios proyectos (Ching & Hsu, 2013). Por otro lado, comparando entornos de enseñanza tradicional con otros en los que se aplica el ABPy, se ha comprobado que los estudiantes de entornos mediados por proyectos muestran una mejor capacidad para la resolución de problemas (Finkelstein, Hanson, Huang, Hirschman, & Huang, 2010) y son clasificados como más comprometidos, más autosuficientes y con mayor capacidad atencional (Thomas, 2000; Walker & Leary, 2009). Es importante resaltar que uno de los principales objetivos del ABPy se relaciona con la transformación de las prácticas de aula, focalizando los proyectos en problemáticas auténticas de la realidad. El proyecto piloto que se presenta en este trabajo, está centrado en el campo conceptual de la electricidad, en particular, en los circuitos eléctricos. Los estudiantes, en el desarrollo del proyecto, deben diseñar productos para usar energías alternativas que den respuestas a problemáticas de contaminación y reducción de consumo en el sector rural donde está situado el centro escolar conocido como Pajarito, donde se ha desarrollado la investigación.

El referente principal de este trabajo se enmarca en la propuesta del Buck Institute for Education (BIE), una organización de investigación y desarrollo que trabaja con el fin de que las escuelas y aulas sean más efectivas gracias al uso de la enseñanza basada en problemas y proyectos. Uno de los logros del BIE es la creación de un modelo integral basado en la investigación de ABPy, que denominan "estándar de oro"<sup>1</sup> (ver figura 1), que consta de ocho elementos esenciales para ayudar a los maestros, escuelas y organizaciones a medir, calibrar y mejorar su práctica (BIE, 2015) y que sitúa en el centro los conocimientos y habilidades. Dichos estándares fueron seleccionados a partir de la revisión de la literatura y con la

---

<sup>1</sup> Adaptado y trasladado de Setting the Standard for Project Based Learning: A Proven Approach to Rigorous Classroom Instruction, by John Larmer, John Mergendoller, Suzie Boss (ASCD 2015) por RUTA N y Parque Explora en el marco del proyecto Generación N (2017)

experiencia de los muchos educadores que han trabajado durante los últimos quince años con esta metodología, principalmente en los Estados Unidos.



Figura 1- Estándares para el ABPy (Larmer, Mergendoller y Boss 2015)

**PROYECTO “PAJARITO SALE A LA LUZ”. PRUEBA PILOTO**

Para planificar un proyecto es necesario partir de las necesidades educativas propias del contexto escolar, después, seleccionar materiales, secuenciar y planificar adecuadamente las actividades que puedan ser potencialmente significativas para los estudiantes. Teniendo en cuenta estas ideas, se diseñó el Proyecto denominado “Pajarito sale a la luz” (ver figura 2), como una apuesta por acercar a los estudiantes del sector rural denominado ‘Pajarito’, perteneciente a la ciudad de Medellín, Colombia, a la comprensión de cuestiones y fenómenos relacionados con la temática ‘electricidad’ incluidos en los Estándares Básicos de Competencias (2004) definidos en el currículum oficial de Ciencias Naturales para el entorno físico y trabajando con fuentes de energías alternativas. Seguidamente, se muestra en la Figura 2 un mapa con el diseño y las fases del proyecto.

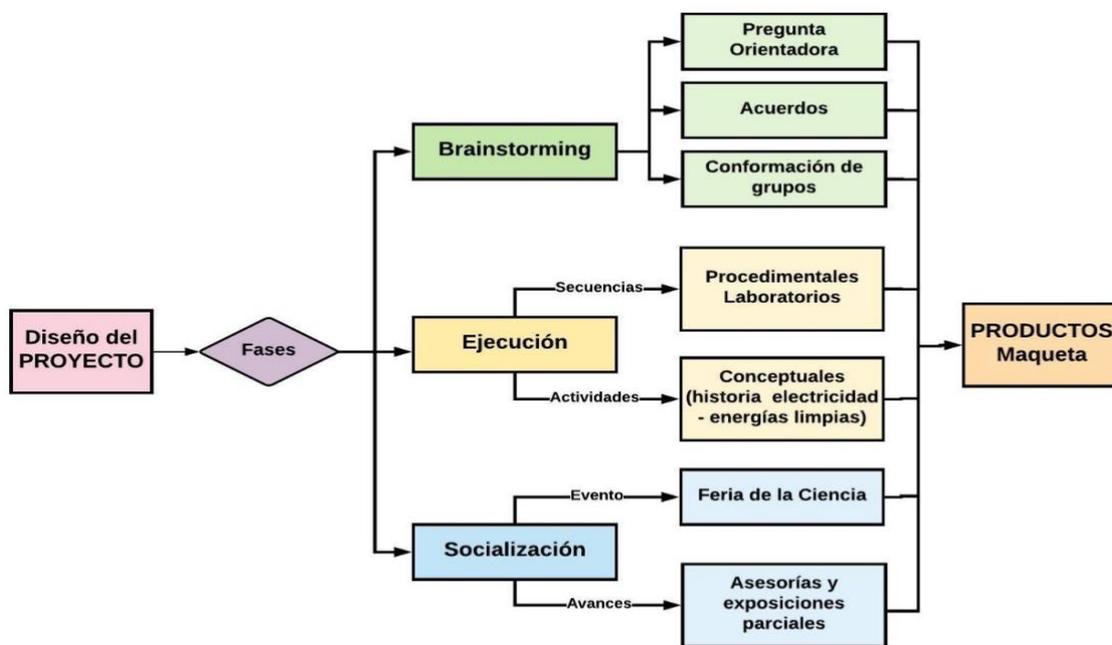


Figura 2 – Mapa del proyecto “Pajarito sale a la luz”

“Pajarito sale a la luz” está estructurado en tres fases o momentos: Brainstorming, ejecución y socialización. En cada uno de estos momentos, se recopiló la información necesaria para atender a los propósitos del estudio. Siguiendo los consejos de la fundación Omar Dengo y el Instituto Buck para la educación (2010), se describen en la Tabla 1, de forma resumida, las actividades, objetivos y duración.

**Tabla 1** - Fases del Proyecto “Pajarito sale a la luz”, actividades principales, objetivos y duración. Se incluye el cuestionario inicial y final.

Fase	Actividades	Objetivos	Tiempo
	Cuestionario inicial de indagación de ideas previas	Identificar las dificultades conceptuales de los estudiantes a través de la indagación de ideas previas	2h
Brainstorming	Acuerdos, roles y lluvia de ideas	Establecer una ruta de trabajo para la ejecución adecuada del proyecto.	4h
Ejecución	Historia de la electricidad	Identificar elementos teóricos que muestren la evolución de conceptos de electricidad a través de la historia.	4h
	Revisión de información	Indagar en diferentes fuentes información sobre circuitos eléctricos, (carga, intensidad, voltaje, resistencia, potencia, ...) y el impacto ambiental de la electricidad.	10h
	Laboratorios sobre circuitos eléctricos	Componentes de un circuito eléctrico, su funcionamiento, magnitudes físicas (intensidad, voltaje.), aparatos de medida, efectos de la corriente eléctrica mediante el uso de utensilios de laboratorio.	6h
	Elaboración de maqueta	Elaborar un prototipo de maqueta basada en la información recogida en recorridos realizados por la comunidad y que incorpore circuitos eléctricos.	12h
	Modelo de argumentación	Acercar a los alumnos a los procesos de argumentación como alternativa para la generación de explicaciones cercanas al campo científico.	4h
	Redacción del informe	Utilizar la información recolectada durante el proyecto para la escritura de un informe final.	6h
	Asesorías	Realizar procesos de retroalimentación como una oportunidad para mejorar los productos del proyecto.	6h
Socialización	Feria de la ciencia	Socializar los resultados del trabajo realizado durante el tiempo de planificación y ejecución del proyecto.	4h
	Cuestionario final Entrevista semiestructurada	Detectar la evolución de los alumnos en la comprensión de conceptos asociados al fenómeno eléctrico y otros asuntos emergentes.	2h

Durante el proceso de planificación del proyecto es fundamental pensar en su fase de lanzamiento; en este caso se promovió mediante la presentación de un formulario (contrato) en el cual los estudiantes se comprometieron a seguir orientaciones generales (pedir la palabra y respetar la opinión de los demás, optimizar el uso de materiales, entre otros), la selección de un tipo de energía alternativa a incluir en el proyecto y la elección de un sector de la vereda pajarito a utilizar en el proyecto.

## **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

La muestra participante en este proyecto piloto estuvo conformada por un grupo de 40 estudiantes del grado Décimo de Educación Media (17 Mujeres y 23 Hombres) con edades que oscilaban entre los 14 y los 17 años y pertenecientes a la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco, con características rurales y perteneciente al sector oficial. El estudio contempló 10 semanas de trabajo con una dedicación de 5 horas semanales. La metodología utilizada es cualitativa y se aplica un estudio de Caso único e intrínseco (Stake, 1998). Así, de cada grupo de trabajo (8 en total) se seleccionó un estudiante al azar, identificados con la letra E, acompañada de un número. Esta selección permitió valorar el proceso y el aporte del proyecto debido a que explícitamente los participantes seleccionados refieren en sus explicaciones elementos conceptuales, procedimentales y actitudinales construidos colectivamente.

Para el análisis e interpretación de la información obtenida, a partir de los diferentes instrumentos utilizados, se definen cinco categorías que se muestran en la Tabla 2 y, dentro de las cuales, se discriminaron una serie de subcategorías, algunas apriorísticas y otras emergentes ('la importancia de la electricidad para el hombre' o 'el uso de energías alternativas'). Las categorías consideradas emergentes surgieron de los

intereses particulares de los estudiantes, lo cual permitió, dar un giro al proyecto hacia algunos asuntos relacionados con la educación ambiental y, principalmente, sobre el uso de energías alternativas. El establecimiento de las categorías permitió hacer manejable el cúmulo de información recogida y presentar los resultados de acuerdo a los objetivos propuestos, es decir, valorar cualitativamente la contribución del ABPy en el aprendizaje de los estudiantes sobre algunas cuestiones relacionadas con la electricidad y particularmente sobre circuitos eléctricos e identificar dificultades y aciertos relacionados con el uso del ABPy como estrategia pedagógica.

**Tabla 2** - Sistema de categorías (E, CE, EA, AE y TG) y subcategorías y su respectiva definición.

DOMINIO CONCEPTUAL SOBRE ELECTRICIDAD (Categoría E)	
Subcategoría	Definición
Definición del concepto electricidad	Se refiere a la manera como los estudiantes conceptualizan el significado de 'electricidad' y cuáles son los ejemplos que utilizan para explicarla.
Importancia de la electricidad para el hombre	Se refiere a la identificación de máquinas y aparatos eléctricos de su entorno, su aplicación, usos e importancia para el hombre.
DOMINIO CONCEPTUAL SOBRE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS (Categoría CE)	
Componentes de un circuito eléctrico (CCE)	Se refiere a la identificación de los elementos de un circuito (pilas, bombillas, resistencias...), las conexiones, el reconocimiento de materiales aislantes y conductores y la diferenciación entre circuitos en serie, en paralelo y mixtos.
Magnitudes físicas (MF)	Se refiere al análisis y predicción del comportamiento de las magnitudes físicas (voltaje, intensidad, resistencia) involucradas en los circuitos eléctricos.
Efectos producidos por la corriente eléctrica en un circuito eléctrico (ECE)	Se refiere a los efectos de movimiento, luz, calor, y en general a lo que se produce cuando se conecta el circuito eléctrico de una máquina o aparato específico.
Nomenclatura e instrumentos de medición (NI)	Se refiere a las representaciones simbólicas de los circuitos. Manejo del voltímetro y el amperímetro. Medidas.
Funcionamiento de un circuito eléctrico (FCE)	Se refiere a la comprensión de los mecanismos necesarios para que un circuito eléctrico funcione adecuadamente.
ENERGÍAS ALTERNATIVAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD (Categoría EA)	
Tipos de Energías alternativas (eólica, solar, biomasa...)	Se refiere a cómo los estudiantes utilizan los diferentes tipos de energías (cinética, potencial) y mecanismos de obtención de estas (tensión mecánica, materia orgánica, paneles solares...) para la producción de electricidad y cómo valoran su repercusión en el medio ambiente.
ARGUMENTOS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA ELECTRICIDAD Y LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS (Categoría AE)	
Preguntas formuladas y nivel de argumentación.	Se refiere a las preguntas formuladas por los estudiantes y que luego fueron la base para la construcción de argumentos.
TRABAJO GRUPAL (Categoría TG)	
Cumplimiento de los roles y percepción de los participantes	Se refiere al cumplimiento de las tareas específicas de cada estudiante dentro de su grupo y cómo perciben el trabajo grupal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados sobre cada una de las cinco categorías seleccionadas, los cuales se muestran de forma resumida en tablas y figuras y se discute el aprendizaje construido por los estudiantes, su progreso y dificultades. Previamente, se presentan las actividades principales del proyecto implementado.

### Actividades del proyecto

“Pajarito sale a la luz” fue un proyecto que tuvo como pregunta orientadora ¿Qué alternativas pueden existir en la vereda Pajarito, para generar energía eléctrica a partir de energías limpias? Con base en este cuestionamiento, los estudiantes trabajaron sobre un conjunto de actividades, concluyendo con la presentación de un producto final que, este caso, fue la elaboración de una **maqueta** (se produce electricidad a partir de una fuente de energía alternativa) y un **informe escrito**. En la evaluación de los aprendizajes se consideró, principalmente, el seguimiento de la bitácora gestionada por los estudiantes y los procesos de retroalimentación entre el docente y los estudiantes. A modo de ejemplo, se citan algunas de las actividades incluidas en el proyecto:

*¿Qué tiene que ver el científico Nikola Tesla con la invención de los sistemas eléctricos modernos?:* El objetivo de esta actividad del proyecto fue analizar los procesos históricos sobre el establecimiento del servicio de energía eléctrica masivo a principios del siglo XX. Se pretendió, además, explorar los términos corriente alterna (AC) y corriente directa (DC), investigar sobre el proceso de establecimiento de una red centralizada de suministro de energía a principios del siglo XX y los hechos históricos que protagonizaron los creadores del sistema masivo de electrificación. Lo estudiantes tuvieron la oportunidad de debatir sobre preguntas como: ¿qué diferencias y similitudes existen entre los modelos teóricos de corriente continua y corriente alterna?, ¿qué papel desempeñaron los personajes involucrados en “la Guerra de las Corrientes”? ¿Por qué la corriente alterna superó a la corriente continua?

*¿De dónde viene la energía eléctrica que utilizo en mi casa?:* Tomando como base esta pregunta se pretendió acercar a los estudiantes a conocer los principios básicos utilizados para el transporte y utilización de la energía eléctrica. Elaborando algunos esquemas y utilizando información de sus hogares, se pudieron identificar, además, algunos materiales que fueron luego clasificados como conductores y/o aislantes y reconocer en parte el funcionamiento de un circuito para una escala mayor.

*Actividades experimentales:* en relación con los circuitos eléctricos, el manejo del multímetro y la identificación de otros componentes eléctricos (resistencias, reguladores, interruptores...) necesarios para la elaboración del producto final (maqueta), cada grupo de trabajo utilizó dispositivos asociados a la energía alternativa seleccionada.

### Dominio conceptual sobre electricidad (Categoría E)

A través de un cuestionario inicial se formularon un conjunto de preguntas relacionadas con las categorías apriorísticas descritas como “E” y “CE” para conocer las ideas de los estudiantes sobre electricidad y circuitos eléctricos. Las respuestas de los ocho estudiantes, en la fase inicial, fueron clasificadas de acuerdo a: i) definiciones de la electricidad relacionadas con el concepto energía, ii) usos que el hombre da a la electricidad y iii) componentes de los circuitos eléctricos o conceptos pertenecientes al campo conceptual de la electricidad (Ver tabla 3).

En esta categoría, buscábamos evidencias sobre lo que los estudiantes entendían sobre el concepto electricidad. Al tratar de definirla la mayoría de los estudiantes la relacionan con un tipo de energía, cuestión ya mencionada en investigaciones en este campo (Colombo de Cudmani & Fontdevila, 1990), y sus respuestas suelen ser poco precisas, contradictorias y confusas. A veces utilizan términos como voltaje, polos y circuitos eléctricos, pero de una forma muy aislada y con una escasa explicación. Respecto al uso de la electricidad y su importancia para el hombre, los estudiantes la asociaron con tareas cotidianas (para iluminar o calentar) y con el funcionamiento de electrodomésticos y otros dispositivos.

Después de la implementación del proyecto, los estudiantes explican mejor lo que es la electricidad y además de asociarla con el concepto energía, la identifican por los efectos que produce y que se transporta a través de cables metálicos. También, comienzan a hablar de corriente eléctrica, sin embargo, pocos la reconocen como un flujo de electrones, sin referir explicaciones cercanas al plano microscópico.

**Tabla 3** - Asuntos emergentes sobre el dominio conceptual electricidad (E) en la fase inicial del proyecto.

ASUNTOS EMERGENTES				
Energía	E2, E7, E17, E29, E34, E36	No se extingue, se transforma		E29
Usos	Proyectar luz	E2, E7		
	Cocinar	E2		
	Aparatos Eléctricos	E2, E13, E17, E34	Computadora	E17
			Celular	E17, E34
Nevera			E17	
Componentes y conceptos	Polos	E7	Positivo - Negativo	E7
	Circuitos	E21	Necesita energía – Necesita voltaje	E21
	Electrones y neutrones	E34		

En general, podemos afirmar que las relaciones conceptuales se ampliaron gracias a actividades como “la guerra de las corrientes” que permitió enseñar a los estudiantes que los conceptos científicos tienen

un origen histórico y que la ciencia no es estática ni portadora de verdades absolutas. Al respecto, se debatió sobre preguntas como: ¿qué aspectos económicos del momento influyeron en la guerra de las corrientes?, ¿por qué la corriente alterna superó a la corriente continua?, las cuales fueron valoradas por los estudiantes como una posibilidad para mejorar cuestiones cotidianas, como se aprecia en la Tabla 4. Además, frases surgidas en los debates como “debemos disminuir la cantidad de cableado”, “la corriente alterna reduce la contaminación” o “debemos cuidar los recursos naturales” indican actitudes hacia el cuidado y protección de los recursos.

**Tabla 4** - Asuntos emergentes sobre el dominio conceptual electricidad (E) en la fase final del proyecto.

ASUNTOS EMERGENTES					
Definición del concepto de electricidad	Fenómeno o propiedad física (macroscópico) E7, E13, E17, E21	Efectos	Luz	E2, E7, E13, E21, E34	
			Calor	E2, E7, E13, E21	
			Movimiento	E2, E34	
	Energía	E7, E17, E34			
	Corriente eléctrica	E7, E36			
	Conductividad	E2, E21, E29	Metales	E2, E29	
	Carga eléctrica	E17, E29	Rayos	E17	
Estática			E17		
Importancia de la electricidad para el hombre	Funcionamiento	Aparatos electrodomésticos	E2, E7, E17, E21		
		Sistemas	E36		
	Asuntos cotidianos E2, E13, E17, E21, E29, E34	Comunicación	E13, E21	Teléfono-Celular	E2, E21
		Transporte	E21	Metro – Auto eléctrico	E21
		Entretenimiento	E2	Televisión	E2

Con el desarrollo del proyecto los estudiantes han aprendido cómo se produce la electricidad, cómo se conduce (transporta) y los efectos que origina, pero apenas la relacionan con la presencia de un flujo de cargas. Solo los estudiantes E7 y E36 logran establecer claramente una definición cercana al campo microscópico, al relacionar la electricidad con un flujo de electrones.

En definitiva, los estudiantes no aprenden al mismo ritmo ni con la misma profundidad, estableciendo relaciones conceptuales diferentes. Pudimos apreciar desde las actividades ejecutadas y la información presentada, que todos los estudiantes mejoran en la construcción del concepto electricidad.

### Dominio conceptual sobre circuitos eléctricos (Categoría CE)

#### Conductores y aislantes

Para identificar ideas cercanas al campo microscópico, se recurre a preguntas que permitan indagar sobre los materiales y la forma como deberían explicar la conducción o no de la corriente eléctrica. Al respecto, se presenta un listado de materiales para que los estudiantes los clasifiquen. De este modo se encontró, que ellos no suelen reconocer como conductores de la electricidad los metales poco utilizados por la industria eléctrica, como el Magnesio (Mg) o el Mercurio (Hg); contrario a lo ocurrido con el Cobre (Cu).

Al indagar sobre las características de un material conductor o aislante y sobre lo que conducen, tres estudiantes (E2, E12 y E36) mencionan que solo los metales son conductores. Además, uno de estos (E2) menciona que son sólidos y que conducen la energía, en contraste con los no conductores. Otros estudiantes mencionan que los conductores absorben energía (E37), conducen energía (E2) y los asocian con la corriente eléctrica (E17).

Las ideas anteriores fueron contrastadas con las actividades e instrumentos finales, obteniéndose que E21 y E36 hacen referencia al flujo de energía y electricidad a través de un conductor y E34 menciona características físicas y químicas de los conductores. Además, se encuentran respuestas del componente microscópico, cuando se habla de la conducción de electrones (E17, E36).

Análisis de los circuitos eléctricos utilizando el software UCINET

Si bien el software UCINET es utilizado habitualmente para el análisis de datos en redes sociales, para este estudio lo hemos empleado para representar las relaciones conceptuales que establecieron los estudiantes seleccionados a partir de las respuestas aportadas en los cuestionarios, inicial y final, los círculos rojos representan a los participantes, los cuadros azules los conceptos asociados a las características de la subcategoría analizada y las flechas se dirigen hacia las respuestas. Las categorías descritas permiten observar relaciones conceptuales emergentes. Para su comprensión se presentan figuras iniciales y finales con el propósito de revisar la incorporación de conceptos.

Sobre la subcategoría CCE ‘componentes del circuito eléctrico’ (ver figura 3), la información aportada por los estudiantes fue escasa, remitiéndose a mencionar elementos como los cables, la bombilla o la batería. Las explicaciones que se incorporaron a lo largo del proyecto fueron cada vez más complejas, ya que los estudiantes no se quedaron en el plano descriptivo de las partes del circuito, sino que, intentaron explicar la función de los componentes.

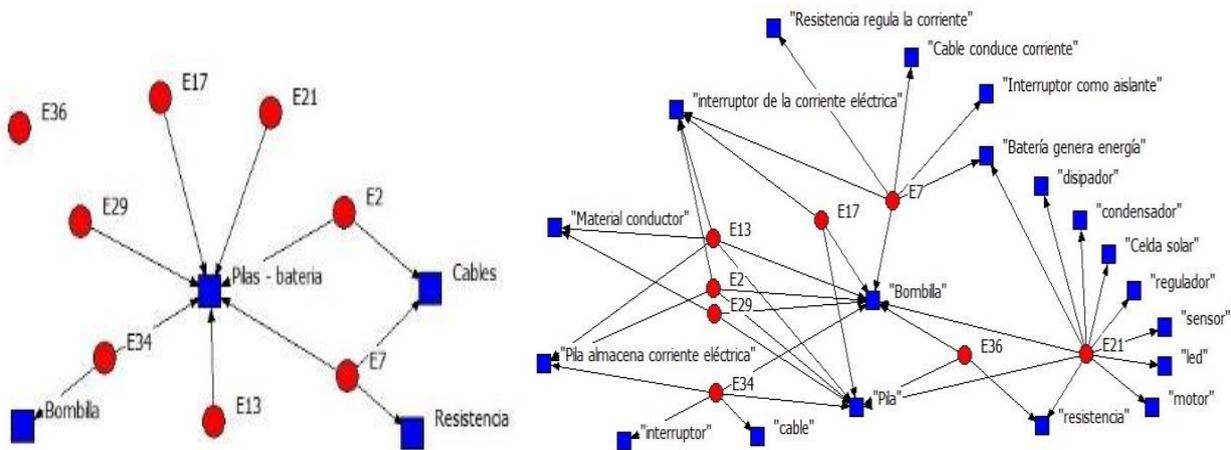


Figura 3 - Conceptos asociados a la subcategoría CCE, antes y después de realizar el Proyecto

Una cuestión interesante fue el hecho de que algunas de las respuestas, como así se esperaba, dependieron de las particularidades de cada proyecto; por ejemplo, el grupo al cual pertenecía el estudiante E21, pasó de poner solo énfasis en las baterías a mencionar una gran cantidad de componentes, esto se debe a que durante la construcción de su maqueta hicieron uso de muchos dispositivos. Además, el reconocimiento de los interruptores y las resistencias dieron paso a la generación de explicaciones sobre el flujo de electrones en el circuito.

Después de reconocer conceptos asociados a los componentes de un circuito, los estudiantes se preocupan por su funcionamiento (subcategoría FCE). La diferencia entre estas dos subcategorías (ver figura 4) es que los estudiantes a medida que avanzan en la realización del proyecto explican que, para que un circuito funcione, ambos deberán estar presentes ya que la batería es una “fuente de poder” y los cables “conducen la electricidad o la energía”, reconociendo que en su ausencia sería imposible su funcionamiento.

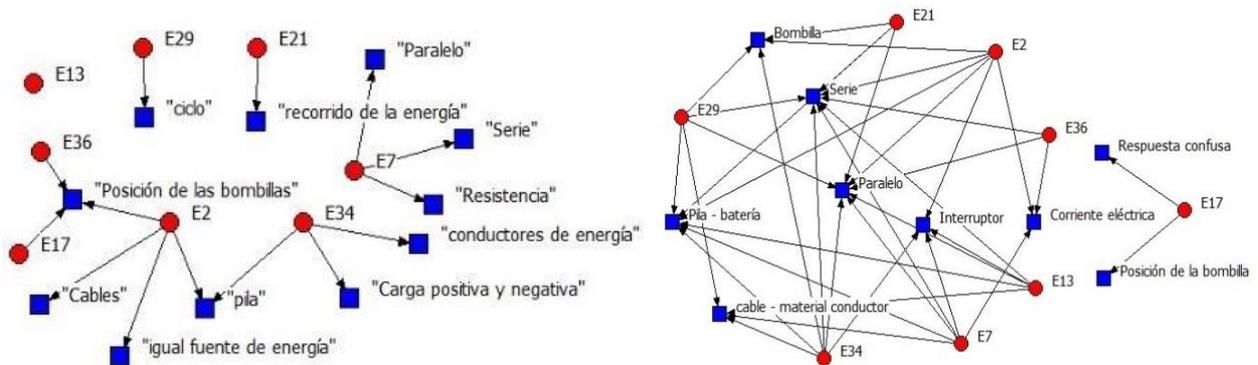
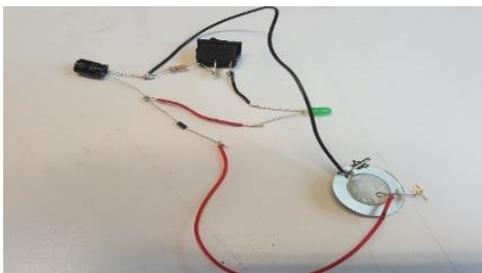


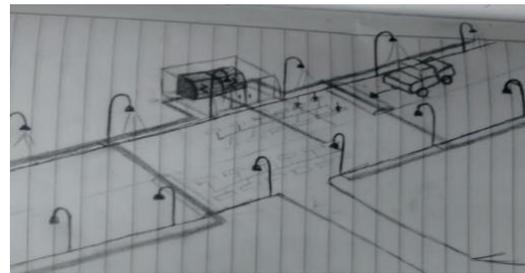
Figura 4 - Conceptos asociados a la subcategoría FCE, antes y después de la realización del Proyecto

Una de las habilidades que abordamos desde lo procedimental, fue la necesidad de construir circuitos. Al respecto y desde las particularidades de cada proyecto, la mayoría de los estudiantes demostraron dominio para conectar adecuadamente sus componentes. En el caso del proyecto sobre piezoeléctricos (ver figura 5) los estudiantes manifestaron su preocupación por la baja cantidad de voltaje registrado al utilizar el multímetro, lo que los llevó a expresar situaciones como: “debemos mostrar como el piezo puede encender un led”, “para que esto funcione debemos tener muchos piezos en serie”; otro objetivo de tipo procedimental se relacionó con la elaboración de planos y esquemas (ver figura 6), destreza que desarrollaron al realizar salidas pedagógicas por la zona, efectuar mediciones y pensar en la forma como incorporar los dispositivos.

Otro aspecto emergente es la distinción entre circuitos en serie y en paralelo. Al respecto, la mayoría de los estudiantes, en la etapa final, lograron identificar sus similitudes y diferencias y explicar la disminución o aumento de luminosidad en las bombillas según su asociación. Para ejemplificar las cuestiones descritas, en el alumno E21, se puede apreciar como su definición inicial en relación con el funcionamiento del circuito, se limitaba al “recorrido de la energía” por un material específico y unido por algunos componentes (batería, resistencias); sin embargo, posteriormente, incluye en su explicación, el paso de la corriente eléctrica y la distinción adecuada entre circuito en serie y en paralelo. Revisando la relación conceptual antes de la enseñanza (figura 4 izquierda) se aprecian ideas aisladas respecto al funcionamiento del circuito en la mayoría de los estudiantes (E29, E13, E21 y E7); sin embargo, después de realizar el proyecto todos los estudiantes enriquecieron la relación conceptual (figura 4 derecha), en diferentes niveles.

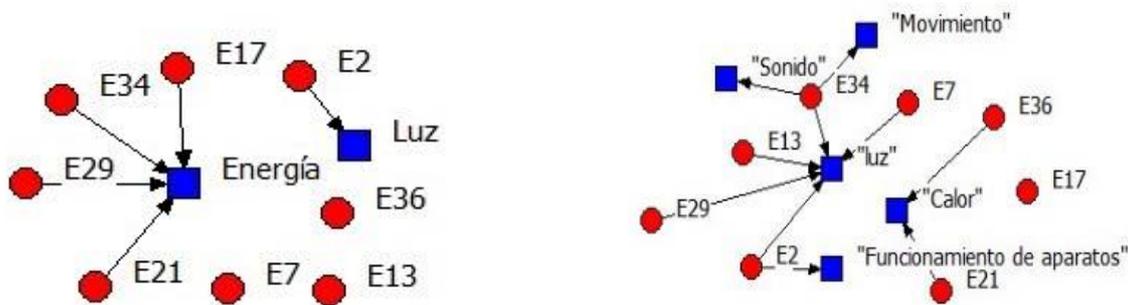


**Figura 5** - Circuito elaborado por los estudiantes del proyecto “Las hamacas: un sector piezoelectrificado” en el cual consideran el uso de interruptores, resistencias, condensadores y diodos.



**Figura 6** - Esquema elaborado por los estudiantes del proyecto “Las hamacas: un sector piezoelectrificado” considerando cómo los automóviles activarían el sistema piezoeléctrico y estos a su vez abastecerían el alumbrado público.

Después de identificar explicaciones relacionados con el funcionamiento de un circuito, se indagó sobre los efectos que produce la corriente eléctrica (subcategoría ECE) que circula por un circuito elaborado correctamente (ver figura 7). Inicialmente los estudiantes solo reconocían la luz como único efecto, sin embargo, después de la realización del proyecto identificaron otros, como la generación de calor, sonido y movimiento. Estos efectos fueron identificados por los distintos equipos de trabajo al realizar sus respectivas maquetas (producto final), pues todas debían de incorporar un mecanismo que permitiera evidenciar el funcionamiento del dispositivo, bien un panel solar para calentar agua, un molino para mover un generador, motores, etc...En algunos casos como el estudiante E7 fue necesario aclarar el significado de la palabra ‘efecto’ y posteriormente, logró reconocer la luz, el calor, el movimiento e imantar.



**Figura 7**- Conceptos asociados a la subcategoría ECE, antes y después de ejecutar el proyecto

Otros contenidos emergentes que no tuvieron respuesta en la fase inicial, pero que luego aparecieron durante la aplicación, fueron los relacionados con las subcategorías ‘nomenclatura e instrumentos de

medición' (NI) (ver figura 8) y 'magnitudes físicas' (MF) (ver figura 9). Estos contenidos que fueron complejos de abordar debido a las dificultades de los estudiantes en el manejo de operaciones matemáticas y el escaso reconocimiento de las magnitudes eléctricas tratadas en cursos anteriores. El mayor avance, fue que los estudiantes reconocieran algunos símbolos relacionados con las magnitudes eléctricas, como la intensidad (I), la resistencia (R), el voltaje (V) y el manejo de algunos instrumentos de medición como el multímetro, el cual fue utilizado para verificar la intensidad de corriente eléctrica y el voltaje.

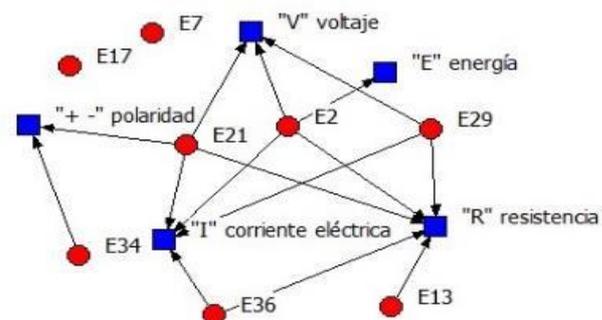


Figura 8- Nomenclatura e instrumentos de medición NI

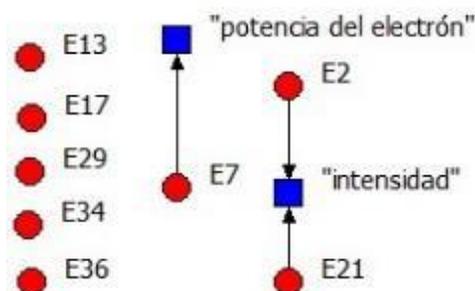


Figura 9- Magnitudes Físicas MF

En la figura 10 se observa a los estudiantes trabajando con el multímetro y tomando algunos registros de diferentes mediciones. Y en la figura 11, E29 manifiesta la ventaja de trabajar con la protoboard para hacer pruebas antes del montaje del circuito.



Figura 10 - Estudiantes realizando mediciones con el multímetro.



Figura 11 - Estudiantes explicando el funcionamiento de la protoboard.

Algunas de las actitudes que los estudiantes lograron evidenciar en esta categoría radican en la valoración del trabajo de las personas que se dedican profesionalmente a diseñar, instalar y reparar máquinas e instalaciones eléctricas.

### Energías Alternativas (Categoría EA)

Durante la primera fase del proyecto, los estudiantes manifestaron su interés por abordar los conceptos asociados a la electricidad, a partir del reconocimiento y uso de energías alternativas. Algunas de las cuestiones valoradas inicialmente fueron:

- “En este proyecto queremos mostrar cómo en la vereda pajarito el transporte ha llegado de una manera contaminante; para ello haremos un proyecto que se enfocará en el metro-cable, construyendo una maqueta que funcione utilizando molinos de vientos y/o paneles solares” E21
- “Puede haber energía hidráulica por medio de cascadas en las quebradas de la zona. Y también, con pequeños molinos encima de las casas también podríamos aprovechar la energía eólica” E34

De las propuestas iniciales de los estudiantes sobre los posibles proyectos a realizar se destacan cuestiones relacionados con problemáticas ambientales y la utilización de energías alternativas. Después de la selección de las temáticas, cada grupo elaboró una maqueta y un informe escrito como productos principales. En total se elaboraron ocho proyectos, los cuales aparecen en la tabla 5 y fueron presentados en la feria de la ciencia escolar.

**Tabla 5** Asuntos emergentes del dominio conceptual electricidad (E) en la fase final del proyecto

Energía Seleccionada	Título del proyecto
Biomasa	Desechos orgánicos productores de energía eléctrica
Electromagnetismo	Ciclismo electromagnético como generador de energía eléctrica para la vereda pajarito.
Energía eólica	Obtención de energías limpias en las casas de Puertas del sol por medio de la energía eólica
Hidroeléctrica	El agua como fuente de energía productora de electricidad
Energía solar I	Los paneles solares como una alternativa para la generación de energía eléctrica "estación de metrocable Pajarito"
Energía solar II	"Noche Solar" Alumbrado público a través del uso de paneles solares
Energía solar III	Fuente de riego solar. Sistema de riego con base en energía solar en la vereda Pajarito
Piezoeléctricos	Las hamacas: un sector piezoelectrificado

Desde los contenidos procedimentales, la elaboración de planos (figura 12), el montaje circuitos eléctricos y el diseño y construcción de las maquetas (figura 13) son una muestra de las destrezas adquiridas por lo estudiantes. Al finalizar los productos, los estudiantes manifiestan que "no fue tan difícil trabajar con los circuitos", "hubiese quedado mucho mejor si le dedicamos más tiempo"



**Figura 12** -Estudiantes del proyecto "noche solar", elaborando un plano del circuito.



**Figura 13** -Estudiantes del proyecto "fuente de riego solar", testando el funcionamiento del circuito.

### Argumentación (Categoría AE)

En este apartado se realiza un análisis de los argumentos construidos por los estudiantes a la luz de una pregunta generada por ellos mismos; esta actividad se realizó a partir de la tercera semana cuando cada grupo definió su pregunta orientadora y su trabajo se extendió hasta la octava semana. Para el análisis se retoman algunos asuntos del esquema propuesto en el modelo de argumentación propuesto por Toulmin (D=datos, Q= cualificadores modales, C=conclusión, R=Refutación, G= garantía y S=sustento), ya que se considera necesario motivar al estudiante a entablar un diálogo que le permita construir nuevos significados. Entendiendo que es una tarea compleja, Buitrago, Mejía y Hernández (2013) mencionan que el diálogo argumentativo favorece el aprendizaje de los alumnos y es una herramienta fundamental en el trabajo de los grupos cooperativos. Estos últimos, constituyen una base importante del trabajo por proyectos.

En este sentido, se presenta como ejemplo, la construcción elaborada por el grupo 2 Piezoeléctricos (ver figura 14). Con base en la información que entregó, clasificamos su nivel de argumentación en 2 (Osborne, Erduran & Simon, 2004). Se otorga este nivel debido a que la información que proporciona “tiene argumentos que consisten en conclusiones, datos, garantías o sustentos, pero no contiene ninguna refutación”; además, el sustento parece ser más un ejemplo que un apoyo a la tesis construida por los estudiantes.

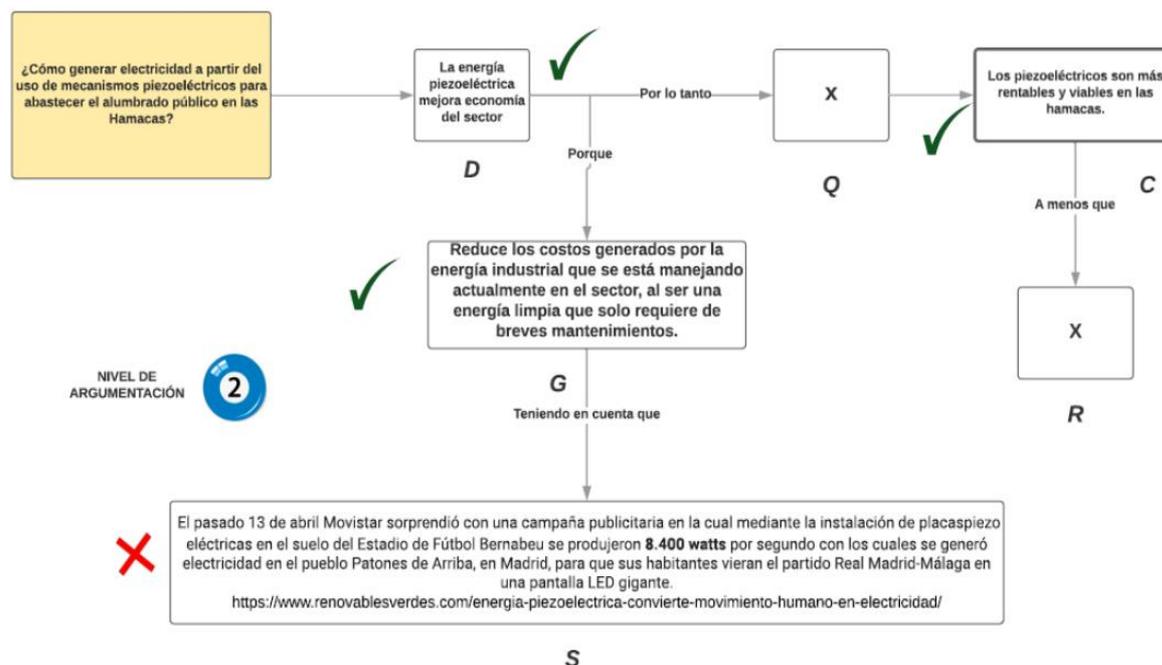


Figura 14- Esquema construido por los estudiantes del grupo 2, piezoeléctricos.

Destacamos que el dato D que utilizaron para la construcción del argumento no se corresponde con la pregunta elaborada, la cual enfatizaba un asunto procedimental (generación de electricidad a partir del uso de piezoeléctricos) y estaba centrada en el abastecimiento del alumbrado público. Sin embargo, resulta interesante apreciar cómo los estudiantes se interesan por temas de tipo socioeconómico, en este caso ‘altos costos generados’, los que ellos mencionan costos debidos a la “energía industrial” y el reconocimiento de la necesidad de realizar mantenimiento periódico en el sistema piezoeléctrico.

En este sentido, aunque en el esquema no se evidencia el uso de refutaciones, calificadores modales y sustentos adecuados, los estudiantes relacionaron el evento que trabajaron con las necesidades de su comunidad. Las ideas mencionadas en este ejercicio argumentativo sin duda son evidencia del desarrollo de habilidades de pensamiento crítico-reflexivo.

### Trabajo Grupal (Categoría TG)

Al ser el trabajo grupal una característica importante de los trabajos por proyectos es necesario analizar cómo tuvo lugar. Para ello hemos revisado la percepción de los estudiantes de un equipo de trabajo sobre la participación de todos los miembros del grupo en la ejecución del proyecto, utilizando un cuestionario aplicado en la sexta semana. En la tabla 6, se presenta la respuesta a una de las preguntas propuestas.

Al revisar las respuestas para esta pregunta en particular, se identifican tres tendencias, la primera (E21 y E5) relacionada con una actitud positiva y conforme frente al trabajo, la segunda (E22, E24 y E25) se enfoca en resaltar las dificultades y la falta de compromiso y la tercera (E23) señala directamente a uno de los integrantes del grupo como compañero que no cumple adecuadamente su función. Respecto a la percepción de los estudiantes, manifiestan la necesidad de que el profesor realice un seguimiento continuo del trabajo de los miembros de los grupos para incentivar el trabajo de todos y evitar que alguno no cumpla con sus funciones. Otras de las preguntas se relacionaban con el rol de cada integrante, las tareas del proyecto y los avances.

**Tabla 6** - Percepción de los estudiantes respecto al trabajo realizado en el interior del grupo.

ASUNTOS EMERGENTES					
	E21	E22	E23	E24	E25
¿Qué pienso respecto a mi grupo de trabajo?	Mi grupo está interesado en el proyecto, se preocupa para que salga bien y no tenga problemas.	No se puede decir que somos un grupo ya que no estamos del todo unidos, ni trabajamos como tal. El rendimiento en clase es básico y como equipo bajo o pésimo.	El líder no cumple con su función	Deberíamos dejar a un lado la pereza. Debemos dar más puntos de vista para hacer un mejor proyecto.	El grupo ha trabajado muy bien y cada uno ha colaborado de manera correcta, solo nos falta más seriedad y disposición en cada clase para ser excelentes.

Si bien el trabajo en grupo es fundamental para el desarrollo del proyecto, las percepciones de los integrantes son distintas y se autocritican o critican a los compañeros según su comportamiento. Las evidencias muestran cómo algunos estudiantes manifiestan más interés que otros, utilizando por ejemplo tiempo adicional para trabajar (ver figura 15). También, los estudiantes de un mismo grupo entienden los objetivos o tareas de su proyecto de formas distintas, más o menos exigentes, por ejemplo dos de los integrantes que se encontraban probando el circuito eléctrico (ver figura 16) de su proyecto (“fuente de riego solar”), al preguntarles por la finalidad del mismo respondieron de forma diferente, E21 mencionó que “e/



**Figura 15-** Estudiante del proyecto “estación metro cable Pajarito” utilizando el tiempo de descanso entre clases para adelantar la maqueta de su equipo.



**Figura 16-** Estudiantes del proyecto “fuente de riego solar”, testando el funcionamiento del circuito.

*objetivo era la implementación de una energía renovable en un hogar de nuestra comunidad”* y E22 señaló que pretendían *“crear una especie de dispositivo consistente en un panel solar para reunir energía, almacenarla y que esta sirva para un cultivo”*

Como efectivamente sucedió, en las sesiones de trabajo grupal, cada estudiante expresó a su grupo sus inquietudes y pretensiones, lo cual facilitó la distribución de tareas, la revisión de los asuntos pendientes, la mejora del proyecto y la capacidad de reflexión y crítica frente al trabajo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los objetivos que han guiado el presente trabajo, se exponen a continuación algunas conclusiones que aportan los análisis realizados de las producciones de los estudiantes durante el desarrollo del proyecto.

### a) En relación al ABPy como estrategia pedagógica:

Después de haber llevado a cabo el proyecto relatado anteriormente, consideramos que el ABPy es una estrategia pedagógica que permite a los estudiantes asumir protagonismo en su aprendizaje y proponer problemáticas que les resulten interesantes y útiles, integradas en su contexto particular.

El APBy favorece el desarrollo de habilidades, destrezas y actitudes; en este sentido, la identificación de preguntas, la elaboración de planos, el manejo de instrumentos, la instalación de circuitos eléctricos y la construcción de maquetas fueron aprendizajes adquiridos durante la realización del proyecto. Además, los estudiantes desarrollaron actitudes hacia la ciencia y modificaron su imagen, por ejemplo, reconociendo su carácter histórico y progresivo, o valorando su importancia social, económica, cultural y medioambiental, al opinar a favor o en contra de la utilización de las fuentes de energía convencionales.

El producto final del proyecto representado en una maqueta, si bien es una de las bases sobre la cual se tejen las actividades, no debe ser entendido como el único objetivo del proyecto, ya que en muchas

ocasiones los estudiantes tendían a descuidar otras actividades para dedicar tiempo a su elaboración. Siempre que sea posible, conviene incorporar en el proyecto la participación de otras áreas de conocimiento, como las ciencias sociales o las matemáticas, ya que algunas de las dificultades presentadas, surgidas de las limitaciones de tiempo y recursos, pudieron solucionarse con la participación efectiva y habilidades específicas de otros docentes.

Una de las principales ventajas del ABPy, es que la prueba escrita no es el único escenario sobre el cual los estudiantes demuestran sus conocimientos, habilidades y destrezas; esto se corresponde con la necesidad de diversificar las estrategias de enseñanza; tal como lo menciona Moreira (2005), el uso de diferentes perspectivas y planteamientos didácticos que implican la participación activa del estudiante es fundamental para facilitar un aprendizaje significativo crítico.

#### **b) En relación con el aprendizaje sobre electricidad y circuitos eléctricos:**

Inicialmente clarificamos que, desde nuestra apuesta por trabajar por proyectos, no pretendemos homogeneizar en términos de aprendizaje a los estudiantes, ya que reconocemos distintos estilos y ritmos de aprendizaje. En este sentido, los ocho estudiantes citados en este análisis presentaron avances en los ámbitos conceptual, procedimental y actitudinal del aprendizaje que consideramos significativos. En efecto, hemos comprobado que a medida que avanza el proyecto los estudiantes mencionan magnitudes físicas, como intensidad de corriente, voltaje, carga, polaridad, potencia o resistencia eléctrica que inicialmente no empleaban. En las explicaciones de las diferentes actividades realizadas y en la presentación del proyecto, diferencian entre materiales conductores y aislantes, se refieren a la electricidad no solo como una forma de energía sino como un fenómeno físico que procede de fuentes de energía muy diversas, unas muy contaminantes y otras mucho menos, describen los componentes utilizados en los circuitos eléctricos, si están conectados en serie o paralelo, señalan su función dentro del circuito, indican las mediciones y aparatos utilizados.

#### **c) En relación con el trabajo grupal y los procesos de argumentación:**

Generar argumentos que convencan a los compañeros de clase y al docente es una habilidad compleja pero que, al trabajarse con tareas específicas como la identificación y formulación de preguntas, la búsqueda de información en fuentes diversas, utilizando o no las TIC, y el trabajo colaborativo pueden generar aprendizajes significativos. Además, también se aprende a distribuir tareas y tiempo, organizarse y asumir funciones y compromisos que son habilidades para la vida, no exclusivas de la enseñanza de las ciencias.

En este sentido, creemos tener evidencias para decir que el trabajo colaborativo y los procesos de argumentación incentivados en este proyecto han permitido a los estudiantes estructurar un producto (maqueta) que ha puesto a prueba sus actitudes frente al trabajo grupal, les ha posibilitado defender sus posturas e invitar a la comunidad educativa a realizar acciones como la protección de los recursos, la disminución del gasto en energía eléctrica y la importancia de las energías alternativas como fuentes de obtención de electricidad.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Ausubel, D., Novak J., & Hanesian (2003). *Psicología Evolutiva: Un punto de vista Cognoscitivo*. (15a Reimpresión). México: Trillas.
- Astudillo C., Rivarosa A., & Ortiz F. (2011). Formas de pensar la enseñanza en ciencias. Un análisis de secuencias didácticas. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 10(3), 567-586. [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen10/REEC\\_10\\_3\\_10.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen10/REEC_10_3_10.pdf)
- Ausín V., Abella V., Delgado V., & Hortigüela D. (2016). Aprendizaje Basado en Proyectos a través de las TIC. Una Experiencia de Innovación Docente desde las Aulas Universitarias. *Formación Universitaria*, 9(3), 31-38. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000300005>
- Benítez A., & García M. (2013). Un primer acercamiento al docente frente a una metodología basada en proyectos. *Formación Universitaria*, 6(1), 21-27. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062013000100004>
- Buitrago A., Mejía N., & Hernández R. (2013). La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las ciencias. *Innovación Educativa*, 13(63), 17-39. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-26732013000300003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732013000300003)

- Ching YH., & Hsu YC. (2013). Peer Feedback to facilitate Project-Based Learning in an Online Environment. *The international review or research in open and distributed learning*, 14(5), 259-275. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v14i5.1524>
- Colombo de Cudmani E., & Fontdevila P. A. (1990). Concepciones previas en el aprendizaje significativo del electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 215-222. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51329>
- Collazos C., Otero H., Isaza J., & Mora C. (2016). Enseñanza de la electrostática por medio de la construcción de prototipos de bajo costo y el aprendizaje basado en proyectos. *Formación universitaria*, 9(2), 115-122. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062016000200013>.
- De Pro Bueno, A. J. de., & Ezquerro A. (2008). ¿Qué ropa me pongo? Cómo percibe el alumnado los contenidos científicos con audiovisuales. *Investigación en la Escuela*, 64, 73-92. <https://revistascientificas.us.es/index.php/IE/article/view/7170/6314>
- De Pro Bueno, A. J. de., & Rodríguez Moreno, J. (2010) Aprender competencias en una propuesta para la enseñanza de los circuitos eléctricos en educación primaria. *Enseñanza de las ciencias*, 28(3), 385-404.
- Domènech-Casal J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEAM. Componentes didácticas para la competencia científica. *Ápice, Revista de Educación Científica*, 2(2) <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- Domínguez E., Matos R., Castro I., Molina C., & Gómez I. (2011). El ABP mediado con tecnología móvil como estrategia pedagógica para el desarrollo de la competencia matemática en resolución de problemas: un caso con la adición de números enteros negativos. *Zona próxima*, 14, 12-27. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85320028002>
- Duit R., & C.V. Rhöeneck. (1998). *Learning and understanding key concepts in electricity*. A. Tiberghien, Jossem, E., Barojas, J. (Eds.), Connecting research in physics education (pp. 1-10). Ohio: ICPE Book.
- Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales (2004). Ministerio de Educación Nacional. República de Colombia. [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf)
- Fernández-Cabezas M. (2017). Aprendizaje Basado en Proyectos en el ámbito universitario: una experiencia de innovación metodológica en educación. *Revista Infad de Psicología*, 2(1), 269-278. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2017.n1.v2.939>
- Finkelstein N., Hanson T., Huang C. W., Hirschman B., & Huang M. (2010). *Effects of Problem Based Economics on high school economics instruction*. Institute of Education Sciences. Center for Education Evaluation and Regional Assistance.
- Fundación Omar Dengo e Instituto Buck para la Educación (2010). Manual para el Aprendizaje Basado en Proyectos: una guía para el aprendizaje basado en proyectos orientados por estándares. San José, Costa Rica.
- Guisasola J., Zubimendi J., Almudí J., & Ceberio M. (2008). Dificultades persistentes en el aprendizaje de la electricidad: estrategias de razonamiento de los estudiantes al explicar fenómenos de carga eléctrica. *Enseñanza de las ciencias*, 26(2), 177-192. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/118093>
- Kioui V., & Arianoutsou M. (2016). Greek Students Research the Effects of Fire on the Soil System through Project-based Learning. *Journal of Biological Education*, 50(3), 304-319. <https://doi.org/10.1080/00219266.2015.1117509>
- Larmer, J; Mergendoller, J & Boss, S (2015). *Setting the Standard for Project Based Learning: A Proven Approach to Rigorous Classroom Instruction*. ASCD book copublished with Buck Institute for Education. Disponible en [http://bie.org/blog/gold\\_standard\\_pbl\\_essential\\_project\\_design\\_elements](http://bie.org/blog/gold_standard_pbl_essential_project_design_elements)
- Langbeheim E. (2015). A Project-based course on Newton's Laws for talented junior high-school students. *Physics Education*, 50(4), 410-415. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/4/410>
- Manso J., & Esquerro Á. (2014). Proyectos de investigación a través de la creación de audiovisuales: propuesta de actuación con alumnos del programa de Diversificación Curricular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.*, 11(1), 54-67. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2014.v11.i1.06](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2014.v11.i1.06)

- Martí José A., Heydrich M., Rojas M., & Hernández A. (2010). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente. *Revista Universidad EAFIT*, 46(158), 11-21 Universidad EAFIT Medellín, Colombia. <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=21520993002>
- Moreira M. (2005). *Aprendizaje Significativo Critico*. Indivisa. Boletín de Estudios e Investigación, (6), 83-101. Ver <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1340902>
- Moursond D. (2007). *Aprendizaje Basado en proyecto utilizando la tecnología de la información*. International Society for Technology in Education (2a ed.). Eugene – Oregon National Council Teachers Mathematics - NCTM, 1998).
- Osborne J. Erduran S., & Simon S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal Of Research In Science Teaching*, 41, 994-1020. <https://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Psillos D. (1998) *Teaching introductory electricity*. In A. Tiberghien, E.J. Jossem & J. Barajos (Eds.) Connecting research in physics education with teacher education. International commission on physics education. <http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/E4.html>
- Rodríguez E., Vargas E., Luna J. (2010) Evaluación de la estrategia Aprendizaje Basado en Proyectos. *Educación y Educadores* 13(1), 13-25.
- Stake, R. E. (1998). El caso único. En *Investigación con estudio de casos* (2.ª ed., pp. 15–24). Madrid: Morata
- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. San Rafael, CA: Autodesk Foundation. En [http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL\\_Research.pdf](http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf)
- Toledo, P., & Sánchez, J.M. (2018). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia universitaria. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 22(2), 471-491. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i2.7733>
- Walker A., & Leary H. (2009). A Problem based learning Meta Analysis: Differences Across Problem Types, Implementation Types, Disciplines and Assessment Levels. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* 3(1), 12-43. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1061>

**Recebido em:** 28.01.2020

**Aceito em:** 28.08.2020