

**LAS SEÑALES ELECTROMAGNÉTICAS EN EL AULA: EXPERIENCIAS  
DIDÁCTICAS A TRAVÉS DE LA BOBINA DE TESLA.**

presentado por:

Sergio Stiwen Florez Robles

**trabajo de grado presentado para optar el título de:**

Licenciado en Física

asesor:

**Giovanni Sierra Vargas**

Línea de investigación: la actividad experimental para la enseñanza de la física.

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

departamento de física

Santa Fe de Bogotá

Julio 2026

---

## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

[LAS SEÑALES ELECTROMAGNÉTICAS EN EL AULA: EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS A TRAVÉS DE LA BOBINA DE TESLA.](#)

[ÍNDICE DE CONTENIDO](#)

[ÍNDICE DE FIGURAS](#)

[ÍNDICE DE TABLAS](#)

[RESUMEN](#)

[INTRODUCCIÓN](#)

[CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA](#)

[1.1 Cómo se enseña el electromagnetismo en las aulas de ciencias](#)

[1.2 las señales electromagnéticas en el día a día y el vacío de comprensión](#)

[1.3 dificultades en el aprendizaje del electromagnetismo](#)

[1.4 problema de investigación](#)

[1.6 Objetivo general](#)

[1.7 Objetivos específicos](#)

[1.8 justificación](#)

[1.9 alcances y límites del estudio](#)

[CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN](#)

[2.1 Investigaciones sobre enseñanza del electromagnetismo](#)

[Síntesis crítica y delimitación del vacío investigativo.](#)

[2.2 Investigaciones sobre experimentación en física](#)

[Síntesis crítica y delimitación del vacío investigativo](#)

[2.3 Investigaciones sobre dispositivos electromagnéticos y bobinas de Tesla](#)

[síntesis crítica y delimitación del vacío investigativo](#)

[CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO](#)

[3.1 Primer eje: El desafío didáctico de la comprensión física de las señales electromagnéticas](#)

[3.2 segundo eje: dificultades de aprendizaje investigaciones sobre electromagnetismo.](#)

[3.3 tercer eje: fundamentación pedagógica del diseño didáctico](#)

[CAPÍTULO 4: MARCO METODOLÓGICO](#)

[4.1 Enfoque de investigación](#)

[4.2 diseño y unidades de análisis](#)

[4.3 técnicas e instrumentos de recolección de información:](#)

[4.4 fases de la investigación: el proceso investigativo se ejecutó en cuatro fases](#)

[CAPÍTULO 5: DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA](#)

[5.1 bases pedagógicas e instruccionales del modelo didáctico](#)

[5.2 DIAGNÓSTICO](#)

[5.3 Diseño didáctico: Estructuración de la secuencia “explora, experimenta y comprende el electromagnetismo”](#)

[5.3.1 Sesión 1: detección de perturbaciones invisibles mediante la construcción del](#)

cohesor.

5.3.2 Sesión 2: evidencia de la inducción electromagnética

5.3.3 Sesión 3 Construcción de una mini bobina de Tesla como sistema de transmisión resonante.

5.4 Arquitectura técnica y especificaciones de la ingeniería didáctica adaptada

5.4.1 Dos arquitecturas tecnológicas en paralelo en la intervención en el aula.

5.4.2 Cálculo detallado y selección de componentes para la bobina de Tesla hecha por el docente.

5.5 estrategias para monitorear y evaluar el proceso cualitativo

## CAPÍTULO 6 ANÁLISIS Y RESULTADOS

6.1 Recopilación de resultados de las preguntas diagnósticas por categorías conceptual

6.2 desarrollo de las sesiones

6.2.1 primera sesión: montaje del cohesor mecánico para la detección de ondas electromagnéticas

6.2.2 segunda sesión: inducción magnética con bobinas de derivación Central

6.2.3 sesión de retroalimentación: integración de los aprendizajes de las sesiones 1 y 2

6.2.4 tercera sesión: construcción de una mini bobina de Tesla electrónica y sintonía resonante

6.2.4.1 Consolidación y transición fenomenológica

6.3 Discusión de resultados

6.3.1 Discusión de los hallazgos de la sección 6.1: recopilación de los resultados de las preguntas diagnósticas por categorías conceptuales

6.3.2 Discusión de los hallazgos de la sesión 6.2: desarrollo de las sesiones de intervención experimental

6.3.3 Limitaciones de la investigación

## CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1. [Grado 11-5 de la Especialidad Media Técnica de Robótica](#)  
FIGURA 2. [Ficha Pedagógica de la Sesión 1: Construcción de un Cohesor.](#)  
FIGURA 3. [Ficha Pedagógica de la Sesión 2: Electricidad Inalámbrica - Experimento Sencillo.](#)  
FIGURA 4. [Instructivo Guía: Construcción de una Mini Bobina de Tesla.](#)  
FIGURA 5. [Arquitectura Fenomenológica en Paralelo Implementadas en el Aula.](#)  
FIGURA 6. [Fases de Construcción y Montaje del Condensador Casero de Placas Paralelas](#)  
FIGURA 7. [Socialización del Andamiaje Experimental en el Aula de Clases](#)  
FIGURA 8. [Respuestas Grupales de la Sesión de Prueba y Socialización Diagnóstica.](#)  
FIGURA 9. [Evidencia del Desarrollo Grupal de la Construcción del Cohesor Durante la Primera Sesión.](#)  
FIGURA 10. [Evidencia de Respuestas de los Estudiantes sesión 1.](#)  
FIGURA 11. [Conceptualización colectiva de las ondas electromagnéticas.](#)  
FIGURA 12. [Respuestas de Naturaleza y Función de los Campos Invisibles](#)  
FIGURA 13. [evidencia de construcción y funcionamiento de los embobinados.](#)  
FIGURA 14. [Puntuación Gamificada.](#)  
FIGURA 15. [Socialización del Andamiaje Experimental en el Aula de Clase.](#)  
FIGURA 16. [Estudiantes del Grado 11-5 Durante el Montaje de la Bobina de Tesla \(Sesión 3\).](#)  
FIGURA 17. [Respuestas de los Estudiantes en Plataforma Virtual](#)  
FIGURA 18. [respuesta de los estudiantes en plataforma virtual](#)

## ÍNDICE DE TABLAS

- TABLA 1. [Parámetros Técnicos de Diseño y Selección de Componentes para el Condensador de Placas Paralelas](#)  
TABLA 2. [Rúbrica cualitativa para evaluar el aprendizaje activo y las interacciones en equipo.](#)  
TABLA 3. [Caracterización Axiológica y Resultados del Equipo de Trabajo.](#)

## AGRADECIMIENTOS

A la vida, por otorgar una verdadera segunda oportunidad para estar hoy de pie culminando este camino profesional. Agradezco cada vivencia personal, social y sociopolítica que me fortaleció ante la adversidad. Incluso cuando las circunstancias parecían cerrarme el paso, me brindaron la resiliencia necesaria para transformar los obstáculos en aprendizaje y alcanzar esta meta.

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi existencia, por su amor incondicional, sus enseñanzas y su respaldo constante en cada etapa de este proceso.

A mi Hermanos, en especialmente a Deisy florez por haberme dado la oportunidad y el apoyo en mi primera y segunda etapa, Wilmer Florez, William Mora, Zenaida Figueroa por su presencia Incondicional en mi vida; Mi gratitud hacia ellos va más allá de las palabras, Por su firmeza amorosa y constante presencia antes y después del despertar del coma.

A Narly Tatiana Cipagauta, por enseñarme valiosas fortalezas tanto en lo personal como en el plano afectivo, y por aportar disciplina, conocimiento y una profunda comprensión de la Libertad

A mi compañera Marian Halliburton, por su valiosa orientación en un momento decisivo de mi carrera Universitaria, definiendo así mi camino pedagógico y experimental a través de la bobina de Tesla.

A mi tía Diana Melo y a mi abuela Alba Nelly Espinosa Parra, por su cariño, sus oraciones, su sabiduría y por ser refugio y fuerza en los momentos más complejos de mi formación.

A mis profesores del colegio, de la Universidad de los Llanos y de la Universidad Pedagógica Nacional, por sembrar las primeras inquietudes intelectuales y guiar con rigor mi formación como educador y físico. Gracias por compartir su saber y creer siempre en este proceso formativo.

A mis compañeros de la Universidad de los Llanos Con quienes coincidí, Gracias por mantener viva esa amistad, por las conversaciones, el acompañamiento mutuo y la complicidad académica y humana que hasta el día de hoy nos sigue uniendo.

A mis dos mejores amigos, Jeison Beltrán y Carlos Gómez, por estar a mi lado de manera ininterrumpida desde la adolescencia. su lealtad, hermandad y presencia constante a lo largo de todos estos años han sido un pilar fundamental en mi vida.

A todas las personas que, de una u otra manera, cruzaron su camino con el mío y aportaron una gota de aliento para que hoy este trabajo de grado sea una realidad. a todos, mi eterna gratitud.

## **RESUMEN**

La enseñanza de la física a nivel escolar se enfrenta constantemente al desafío de la tradición. Históricamente, las metodologías tradicionales han priorizado un enfoque de transmisión lineal de contenidos y formalismo matemático, lo que dificulta que el estudiante conecte las leyes teóricas con su entorno inmediato. Esta problemática se agudiza al abordar el electromagnetismo, un área donde los fenómenos de estudio como las señales electromagnéticas de radiofrecuencia y las microondas son físicamente invisibles para el ojo humano. A pesar de su tangibilidad estas ondas sostienen la infraestructura tecnológica actual (redes móviles, wi-fi, dispositivos tecnológicos). así, se evidencia una profunda paradoja educativa: los estudiantes interactúan a diario con tecnologías inalámbricas sin comprender los principios físicos que las hacen posibles, lo que justifica la búsqueda de nuevas estrategias didácticas capaces de visibilizar lo invisible y tender puentes conceptuales entre la física teórica y la vida cotidiana.

Esta investigación se fundamenta en un marco metodológico de enfoque cualitativo e interpretativo, desarrollado a través de un estudio de caso en el instituto educativo departamental Luis Carlos Galán Sarmiento en Villavicencio-Meta. El trabajo de campo vinculó a estudiantes de undécimo grado de la modalidad de robótica.

Quienes participaron en una propuesta didáctica de corte experimental. La intervención utilizó recursos como una bobina de Tesla, bobinados manuales y una cohesión histórica para facilitar la manipulación de variables invisibles. Los resultados evidenciaron una evolución conceptual, logrando que los alumnos abandonaran las explicaciones mecánicas por modelos basados en la interacción a través de Campos. El aporte principal de la didáctica de la física consistió en articular la teoría constructivista de Bruner (acción, pensamiento y lenguaje) con el realismo experimental y la epistemología de Ian Hacking. Se demuestra así que los fenómenos intangibles ganan inteligibilidad cuando el estudiante interactúa con ellos y los estabiliza en el aula.

## **INTRODUCCIÓN**

En la sociedad contemporánea, los estudiantes conviven a diario con dispositivos tecnológicos fundamentados en las leyes de la física. Dentro de esos saberes, las señales electromagnéticas se configuran como un eje transversal, esencial para interpretar el entorno y entender la infraestructura de la actual comunicación inalámbrica. No obstante, se detecta una marcada

brecha conceptual en las aulas: la familiaridad de uso no se traduce en la comprensión teórica, perpetuando una enseñanza formalista carente de experimentación. Frente a este escenario de desconexión entre teoría y realidad, esta investigación reivindica el papel de la práctica empírica. Bajo el sustento de la epistemología experimental de Hacking y el enfoque colectivo de Jerome Bruner, se plantea un camino donde la manipulación reflexiva visibiliza los conceptos abstractos. Como respuesta a este desafío pedagógico y metodológico, se diseñó e implementó una propuesta didáctica específica en un aula de robótica en Villavicencio, utilizando recursos didácticos clave tales como la bobina de Tesla, embobinados de manufactura manual y la construcción artesanal de un cohesor histórico. Permitiendo estabilizar e interpretar los fenómenos invisibles del electromagnetismo.

## **CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Cómo se enseña el electromagnetismo en las aulas de ciencias**

La enseñanza tradicional de la física prioriza la transmisión lineal de contenidos, generando una profunda brecha entre la teoría del aula y la realidad del alumno. Respaldo por la literatura didáctica, el texto señala que los estudiantes se enfrentan serias dificultades para conectar la materia con su entorno inmediato (Furio. 1997). Esta problemática se complejiza drásticamente al abordar electromagnetismo, dado que, a diferencia de la mecánica clásica con sus fenómenos visibles y tangibles, esta área opera con conceptos abstractos como Campos y ondas que resultan imperceptibles. En consecuencia, la ausencia de una base sensorial directa obligados educando a refugiarse prematuramente en el normalismo de las fórmulas matemáticas, omitiendo el desarrollo previo y fundamental de una sólida comprensión cualitativa e intuitiva sobre la naturaleza de los Fenómenos físicos tangibles que se describen.

### **1.2 las señales electromagnéticas en el día a día y el vacío de comprensión**

La desconexión pedagógica en la enseñanza de la física impide que la disciplina resuene en la experiencia educativa de los jóvenes. El texto resalta una marcada paradoja: los estudiantes conviven rodeados de tecnologías fundamentales en principios complejos como las ondas electromagnéticas, pero carecen de una comprensión real sobre su funcionamiento. Esta brecha da origen al concepto de nativos digitales (Ruiz - Macías, 2018) ,terminó empleando para

describir a una generación que domina fluidamente el uso de dispositivos y entornos virtuales, pero que desconoce los Pilares científicos que lo sostienen. Frente a este escenario, el autor plantea que el desafío crucial para la educación contemporánea consiste en repensar las estrategias docentes, transformando las herramientas digitales de un simple medio operativo a un puente efectivo que conduzca hacia aprendizajes significativos.

### **1.3 dificultades en el aprendizaje del electromagnetismo**

La relevancia del electromagnetismo por explicar fenómenos fundamentales presentes en la tecnología de uso cotidiano. No obstante, expone críticamente que su enseñanza en el aula suele darse de manera aislada y mediante fórmulas abstractas desconectadas. Frente a esto, se argumenta que la ciencia es un proceso vivo en continua construcción guiada por la observación, experimentación e interpretación. Apoyándose en Velasco (2018) al analizar a Ian Hacking (1996), se resalta que los Fenómenos físicos admiten múltiples formas de comprensión e instrucción. Finalmente, el autor coincide con Furió y Guisasola a insistir en que, para lograr un aprendizaje real, se debe superar la memorización pura y apostar por metodologías investigativas que den sentido a la ciencia (Furió, 1997).

### **1.4 problema de investigación**

Construir conocimiento en física dentro de las aulas está directamente ligado a la experiencia vivencial de los estudiantes. Resaltando que el laboratorio transforma los conceptos abstractos en realidades tangibles que pueden medirse y discutirse (Rojas Martínez, (2017). Al manipular principios físicos, el aprendizaje se consolida a largo plazo y se despierta el interés por la ciencia (Díaz Cedeño, 2016).

No obstante, los métodos tradicionales aún prevalecen, creando una brecha entre la teoría y la práctica. Las señales electromagnéticas, debido a su naturaleza invisible, son difíciles de asimilar para el alumnado si carecen de laboratorios. La falta de esos espacios reduce la motivación hacia vocaciones en ciencias e interrumpe la transmisión generacional del conocimiento. Ante esto, se plantea adoptar el aprendizaje por descubrimiento para otorgarle un certificado auténtico al saber (Martínez Villarreal, 2024). Se puntualiza que este enfoque exige concretar la historia de la ciencia con la ejecución de experimentos prácticos (Rivera Monroy; 2016). Finalmente, las tecnologías digitales se consolidan como herramientas esenciales para involucrar al alumno .

### **1.5 Pregunta de investigación**

¿De qué manera influye una propuesta experimental con la bobina de Tesla en la asimilación conceptual de electromagnetismo en la educación media?

### **1.6 Objetivo general**

Evaluar el impacto de una Secuencia didáctica con la bobina de Tesla en el desarrollo de modelos conceptuales sobre electromagnetismo en estudiantes de educación media

### **1.7 Objetivos específicos**

- Identificar los obstáculos cognitivos y las nociones intuitivas de los estudiantes respecto al comportamiento y difusión de las ondas electromagnéticas.
- Estructurar una ruta de aprendizaje dinámica e interpretativa que utilice recursos visuales y experimentales para propiciar la participación y el pensamiento crítico del estudiante.
- Ejecutar la estrategia pedagógica mediante el ensamblaje artesanal y la experimentación directa con dispositivos eléctricos, transformando conceptos abstractos en fenómenos tangibles.
- Valorar el cambio en los modelos mentales y desarrollo del discurso científico de los alumnos como resultado directo de la propuesta pedagógica implementada.

### **1.8 justificación**

El valor del estudio a través de tres dimensiones esenciales. En el ámbito disciplinar, rescata el poder explicativo de la física para superar los enfoques mecanicistas mediante la teoría de Campos. En el plano pedagógico, Promoviendo el aprendizaje por descubrimiento para transformar el uso pasivo de la tecnología en autonomía y análisis crítico dentro de una generación de nativos digitales. Finalmente, la medición didáctica con la bobina de Tesla. Validado experimentalmente la investigación: al encender bombillas a distancia, haciendo tangibles las ondas electromagnéticas, estimulando la curiosidad y despertando futuras vocaciones científicas.

### **1.9 alcances y límites del estudio**

El estudio Analizó las limitaciones y los desafíos operativos. El alcance se circunscribe estrictamente a la educación media, enfocándose de forma exclusiva en los fundamentos de electromagnetismo - como la inducción. Campos oscilantes y transmisión de Señales mediante la bobina de Tesla -, bajo un diseño metodológico cualitativo de Caso único. Respecto a la limitaciones, se exponen dos obstáculos principales: la restricción del tiempo dentro del

calendario escolar y la alta demanda de supervisión docente en un grupo de 32 alumnos. Para optimizar la práctica, el aula se organizó en ocho subgrupos, pero la omisión de las guías impresas provocó una dependencia constante hacia el investigador, reduciendo los tiempos de ejecución. Asimismo, se documenta la distracción generada por el uso de dispositivos móviles; no obstante, esta dificultad se contrarrestó estratégicamente mediante la asignación de roles participativos que fomentan la responsabilidad colectiva. Finalmente, resaltando un componente de innovación al convertir los teléfonos en herramientas pedagógicas activas a través de plataformas interactivas como Mentimeter, apoyadas por el uso de un proyector para estructurar y visibilizar las secuencias de cada sesión.

## **CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN**

La revisión del Estado del arte que fundamenta esta investigación que se organizó en tres ejes temáticos esenciales: los estudios sobre la enseñanza electromagnetismo, las investigaciones enfocadas en la actividad experimental en física y los trabajos vinculados al diseño y uso del dispositivo electrónicos específicamente la bobina de tesla en contextos educativos.

### **2.1 Investigaciones sobre enseñanza del electromagnetismo**

El abordaje educativo del electromagnetismo ha sido objeto de múltiples investigaciones que concuerdan en señalar la presencia de profundos obstáculos epistemológicos Y didácticos . de acuerdo con las aportaciones fundamentales de Furió y guissasola (1997), la enseñanza habitual de esta disciplina padece de un marcado sesgo tradicional, estático y a histórico. En su análisis sobre la presentación de los conceptos de campo y potencial eléctrico, los autores identificaron que los libros de texto y práctica docente dominante omiten las rupturas epistemológicas clave - como el tránsito entre la acción a distancia de la mecánica newtoniana y la nominación de interacción mediada por Campos-, presentando la física como un cuerpo de conocimientos acabados. Esta deficiencia metodológica fuerza a los estudiantes a refugiarse en la memorización de algoritmos algebraicos sin desarrollar una comprensión fenomenológica previa.

Por su parte, Ortiz y Garzón (2020) investigaron la optimización de los procesos de aprendizaje en física a partir de la psicología cognitiva, proponiendo la recursividad instruccional y la

secuenciación jerárquica para reducir la sobrecarga de la de memoria de trabajo . los autores demostraron que, cuando los conceptos abstractos se introducen de manera fragmentada o puramente matemática, la capacidad operativa del estudiante se satura, impidiendo la consolidación de modelos mentales intuitivos. En una línea a fin, Ballesteros Romero (2023) abordó la enseñanza de fenómenos eléctricos y magnéticos incorporando Marcos históricos y epistemológicos en el diseño didáctico para la educación secundaria, concluyendo que la reconstrucción de las problemáticas originales que motivaron el desarrollo teórico permite conceptualizar el saber y generar aprendizajes significativos.

### **Síntesis crítica y delimitación del vacío investigativo.**

Se dirige a un consenso respecto al diagnóstico del problema actual: la enseñanza tradicional de electromagnetismo satura la memoria de trabajo del alumno al priorizar algoritmos sobre la comprensión fenomenológica. desde la perspectiva metodológica, se revisa tres estudios clave: Furió y Guissasola (1997) realizaron un análisis cualitativo de textos y encuestas a docentes de bachillerato; Ortiz y garzón (2020) operaron desde un enfoque teórico basado en la psicología cognitiva; mientras que Ballesteros Romero (2023) validó una propuesta de corte histórico y epistemológico orientada a estudiantes de la educación secundaria. No obstante, el análisis revela una limitación crítica en este Corpus: la mayoría de los estudios se centra en el diagnóstico del error o en propuestas Macro conceptuales dependientes de la abstracción matemática. Se concluye que ningún trabajo previo ofrece una secuencia de aula real articulada en torno a un dispositivo físico Que resuelva de manera simultánea la sobrecarga cognitiva y la falta de referentes visuales de este modo, esta tesis Quién ha dicho vacío al diseñar una unidad de aprendizaje que materializa la rivalidad y el enfoque histórico a través de ensamblaje e interpretación directa de un objeto técnico real.

## **2.2 Investigaciones sobre experimentación en la enseñanza de la física**

El papel de laboratorio escolar ha experimentado una revaluación teórica impulsada por la filosofía de la ciencia. Desde la perspectiva epistemológica de Ian Hacking (1996), analizada en el contenido educativo por Velasco (2018), la actividad experimental goza de una autonomía relativa respecto a la teoría. Experimentar no consiste en la verificación sumisa de las leyes

prefijadas, sino en un proceso de intervención material y manipulación instrumental mediante el cual el sujeto crea, modifica y estabiliza fenómenos, adquiriendo un saber hacer pragmático.

En el ámbito empírico, Rivera Monroy (2016) evaluó el laboratorio experimental situado como eje transformador en la enseñanza de la física, demostrando que la interacción directa con los fenómenos propicia la consolidación de esquemas conceptuales duraderos y fomenta una actitud reflexiva hacia el conocimiento científico. De forma equivalente, Díaz Cedeño (2023) implementó propuestas experimentales para el estudio de la cinemática, evidenciando que la vivencia práctica constituye un punto de inflexión que incrementa la motivación y mejora la fijación conceptual. Finalmente, Pardo (2020) exploró el uso de materiales de bajo costo y fácil acceso para la construcción de experimentos en el aula, concluyendo que la manufactura artesanal de recursos estimula la creatividad, el trabajo colaborativo y el desarrollo del pensamiento crítico en los educandos.

### **Síntesis crítica y delimitación del vacío investigativo**

Los estudios de Rivera Monroy (2016), Pardo (2020) y Díaz Cedeño (2023) comparten un enfoque cualitativo de investigación- acción en educación básica y media, logrando mejoras en motivación y fijación conceptual. No obstante, sus limitaciones radica en los contenidos disciplinares seleccionados: al centrarse en fenómenos de la física clásica como la materia y la mecánica, donde trabajaron con eventos macroscópicos y visualmente evidentes.

concluyendo que existe un vacío empírico sobre cómo aplicar este modelo de experimentación Autónoma en dominios donde el objeto de estudio es invisible e intangible, como ocurre con la propagación de las ondas electromagnéticas. De este modo, resolviendo dicha limitación al extender de manera innovadora los principios de la filosofía de Ian Hacking hacia el campo de la electrodinámica conceptual, demostrando que es viable intervenir de forma material sobre campos físicos intangibles mediante el uso de montaje experimentales en el aula.

### **2.3 Investigaciones sobre dispositivos electromagnéticos y bobinas de Tesla**

Diversos autores han explorado el potencial didáctico de herramientas e instrumentos electromagnéticos para superar la intangibilidad de los campos. Rojas Martínez (2017) evaluó el impacto de montaje experimentales e interactivos en el centro interactivo maloka, demostrando

que la manipulación física de dispositivos permite situar la teoría en escenarios de significación real, ayudando a los estudiantes a coordinar sus conjeturas teóricas con la evidencia práctica.

En el estudio específico de la comunicación inalámbrica, González Pérez (2023) diseñó una secuencia experimental basada en la experiencias históricas de Heinrich hertz empleando circuitos oscilantes y el cohesor mecánico para traducir las perturbaciones invisibles en efectos eléctricos observables . en esta misma línea Pedraza Ahumada (2020) utilizó la construcción de radios telescopio escolares para conectar los conceptos del espectro electromagnético con la tecnología cotidiana. Finalmente, en relación con los transformadores resonantes de alta frecuencia, Cabanillas et al. (2016) desarrollaron una mini bobina de Tesla para demostraciones en el aula, mientras que Hernández Zepeda y Palacio Rangel (2016) documentaron desde la narrativa docente el profundo impacto motivacional que genera presenciar el encendido inalámbrico de lámparas, logrando articular el ciclo de acción, pensamiento y lenguaje propuesto por Jerome Bruner.

### **síntesis crítica y delimitación del vacío investigativo**

Los estudios demuestran el potencial didáctico de esos recursos: Rojas Martínez (2017) evaluó su impacto en museo de ciencia; Pedraza ahumada (2020) y González Pérez (2023) ejecutaron proyectos de ingeniería en educación media; mientras que cabanillas et al. (2016) y Hernández Cepeda (2016) se centraron en el diseño técnico y la narrativa docente. No obstante, se revela una limitación: la literatura previa parece de un modelo que articule operativamente estas herramientas en una secuencia fundamentada en la tríada de Bruner. el vacío radica en la falta de una propuesta metodológica que use la bobina de Tesla, el profesor y embobinados para evaluar rigurosamente la evolución conceptual y argumentación de los estudiantes.

## **CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO**

### **3.1 Primer eje: El desafío didáctico de la compresión física de las señales electromagnéticas**

Enfocado en el desafío de comprender físicamente las señales electromagnéticas desde la perspectiva de la enseñanza de las ciencias, Por lo tanto, posee una dificultad intrínseca: su invisibilidad fenomenológica. Al constituir perturbaciones autónomas que transportan energía en el espacio o en el vacío a una velocidad constante, de acuerdo con segura (2015), las ondas

carecen de un sustrato material denso que permita su observación directa en el aula. Está marcada abstracción dificulta que los educandos relacionen de manera efectiva las variables fundamentales del espectro continuo - tales como la frecuencia y longitud de onda - con las tecnologías inalámbricas cotidianas. Para medir pedagógicamente esta problemática, la producción y el control de estas ondas se abordan de manera formal mediante el estudio minucioso de los circuitos oscilantes. Estos sistemas, constituidos por la interconexión de inductores y capacitores, permiten una transferencia cíclica de energía que genera corrientes alternas estables, tal como lo establece Miyara (2000). didácticamente, la comprensión cualitativa de este dinamismo macroscópico requiere conectarse con el principio de inducción o ley de faraday, la cual determina que la variación temporal de un flujo magnético induce una tensión eléctrica en un conductor. Dado que el campo y el flujo magnético no son perceptibles visualmente, la integración de dispositivos como la bobina de Tesla o detectores históricos como el cohesor mecánico de limaduras metálicas se convierten en herramientas indispensables para el entorno escolar. cuya función principal es Traducir las perturbaciones electromagnéticas intangibles en efectos eléctricos y lumínicos medibles en la práctica de laboratorio. De este modo, la estrategia pedagógica transforma con éxito la teoría matemática abstracta en evidencia observable y empírica para la estructura cognitiva del alumno.

### **3.2 segundo eje: dificultades de aprendizaje investigaciones sobre electromagnetismo.**

La transposición didáctica de esa disciplina en la educación formal enfrenta problemas metodológicos documentados. La investigación de Guisasola y Furió (1997) señalan que la enseñanza habitual de la electrostática y el magnetismo carece de una reflexión epistemológica profunda. Las prácticas escolares suelen reproducir una visión acumulativa, lineal y estática de la ciencia, omitiendo las transiciones históricas y las rupturas ontológicas necesarias para entender el paso desde el modelo mecánico en un principio de acción a distancia hacia el paradigma moderno de interacción mediada por Campos Fernández, Alkota (2014). Al priorizarse formalismo y matemáticos, los estudiantes asimilan las leyes como artificios algebraicos desprovistos de la realidad física. Para evaluar el alcance de esta problemática, Guisasola y Furio (1997) utilizaron cuestionarios y entrevistas estructuradas aplicadas a docentes de bachillerato y universidad. Los resultados confirmaron que los profesores tienden a representar el conocimiento de forma acabada, desvinculándose de los problemas históricos que motivaron la construcción de

los modelos científicos. Esta falta de conceptualización bloquea la capacidad del estudiantado para concebir la ciencia como un proceso en continua evolución. Como alternativa a esa fragmentación, y desde un enfoque constructivista los autores proponen reorientar el currículo hacia el aprendizaje basado en problemas (ABP). Esta metodología sitúa al estudiante en un contexto de investigación activa donde el concepto de campo surge como una necesidad teórica para explicar la interacción.

### **3.3 tercer eje: fundamentación pedagógica del diseño didáctico**

La reestructuración de la praxis docente se sustenta en la teoría del desarrollo cognitivo de Jerome Bruner (1986). la cual justifica la transición del estudiante hacia un rol de intervención experimental. Bruner postula una tríada interconectada por tres dimensiones clave: la acción, el pensamiento y el lenguaje, Como estadios del saber. La acción constituye el primer momento cognitivo, donde el alumno manipula materialmente los objetos para construir nociones de causalidad. El paso hacia el pensamiento ocurre cuando el estudiante organiza y Reflexiona sobre la información empírica obtenida, permitiendo de este modo la estructuración de conceptos abstractos (Lozada, 2022). finalmente, el lenguaje opera como el vehículo de codificación, ordenación e intervención Social para la confrontación dialógica de ideas. Al articular esta triada con el aprendizaje basado en problemas (ABP) , el educando se convierte en el gestor de su propio aprendizaje a través de la resolución del de desafíos reales (Fernández y Acota, 2014). Bajo este enfoque dinámico, los procesos evaluativos se reorientan hacia la valoración continua y la coevaluación en el espacio del aula. Este entramado pedagógico se complementa de forma directa con la epistemología de la experimentación de Ian Hacking, quien defiende la autonomía de la actividad del laboratorio Velasco (2018). Para Hacking, experimentar no es verificar de forma pasiva leyes, sino un proceso material que estabiliza fenómenos y genera un saber hacer pragmático derivado enteramente de la manipulación instrumental. En esta investigación, ficha postura teórica justifica un diseño donde el alumno interviene directamente en la construcción artesanal de embobinados y cohesores mecánicos en el laboratorio escolar. Se concluye que este modelo garantiza que lo invisible se vuelva real, promoviendo una comprensión cualitativa y flexible de electromagnetismo.

## **CAPÍTULO 4: MARCO METODOLÓGICO**

### **4.1 Enfoque de investigación**

El enfoque pedagógico se escribió fundamentado dentro de una perspectiva constructivista. Esta elección metodológica respondió a la necesidad de estudiar cómo los sujetos construyen significados científicos a partir de la manipulación del entorno escolar, priorizando la acción, la reflexión y el lenguaje. de manera coherente, el estudio adoptó un paradigma cualitativo e interpretativo, orientado a comprender las transformaciones conceptuales y los esquemas argumentativos elaborados por los estudiantes en la experiencia. en lugar de la medición estadística de variables o la generalización, se analizó cómo la interacción con dispositivos didácticos favoreció la evolución colectiva, lo que concuerda con la tríada de Bruner (1986). de este modo, el trabajo de campo en el aula permitió llevar a cabo un análisis documental y observacional minucioso de diálogos, las analogías, las explicaciones y las resistencias epistemológicas de los alumnos. enfatizando que este enfoque interpretativo resulta idóneo para garantizar como lo invisible se toma comprensible mediante la práctica reflexiva.

### **4.2 diseño y unidades de análisis**

El diseño metodológico se estructuró mediante un estudio de caso educativo. Este método facilitó examinar a fondo las interacciones de un grupo sometido a una secuencia institucional dentro su contexto real y delimitado. La unidad de análisis estuvo constituida por 32 estudiantes de grado 11-5 de la modalidad de media técnica de robótica del instituto educativo departamental Luis Carlos galán Sarmiento, ubicado en el municipio de Villavicencio, meta.

## Figura 1

*Grado 11-5 de la Especialidad Media Técnica de Robótica*



*Nota.* Vista general del curso académico. Fotografía tomada por el docente titular y director del curso, Alberto Vera Tapias (2026).

El perfil de los alumnos facilitó la viabilidad del proceso pedagógico en el aula, debido a que contaban con destrezas previas en electrónica, soldadura y circuitos. Estas habilidades técnicas sirvieron de anclaje para alcanzar la apropiación cualitativa de los conceptos electrodinámicos abstractos que se abordaron, de este modo, se vinculó la praxis instrumental en la evolución cognitiva, permitiendo la transición conceptual de los estudiantes ante los fenómenos. Por lo tanto, el diseño articula las capacidades prácticas del grupo con la tríada constructivista de Bruner para potenciar el pensamiento científico.

### **4.3 técnicas e instrumentos de recolección de información:**

Para el acopio de los datos, estructurados bajo una metodología cualitativa e interpretativa. La recolección se organizó estratégicamente para permitir la debida triangulación de la información obtenida dentro del entorno escolar. Se utilizaron fichas pedagógicas de aprendizaje por cada sesión donde los alumnos registraron sus predicciones individuales y conjeturas. Asimismo, se emplearon guías de observación para pautar el registro de datos técnicos durante las fases del

laboratorio con los montajes. El seguimiento procesal de las habilidades de modelización y la apropiación cognitiva se efectuó mediante el uso sistemático de rúbricas analíticas. Estas Matrices valoraron criterios de exploración, observación y diálogo. Finalmente, la labor de la investigador se recopiló en registros de observación (fotografías) del participante para documentar las interacciones. Permitiendo evidenciar la evolución conceptual de los estudiantes de la modalidad de la media técnica ante los fenómenos.

#### **4.4 fases de la investigación: el proceso investigativo se ejecutó en cuatro fases**

- **fase diagnóstica:** Se caracterizaron las ideas previas y concepciones alternativas del grado 11-5 mediante una conversación guía y unas preguntas que respondieron de manera individual. Los instrumentos aplicados en el aula permitieron identificar que los estudiantes manifiestan serias dificultades para explicar la base física de las señales inalámbricas.
- **Fase de diseño didáctico:** Se estructuró la secuencia didáctica denominada “explora, experimenta y comprende electromagnetismo” en el aula. Dicha propuesta implicó diseñar fichas pedagógicas y guías detalladas bajo criterios de recursividad institucional y secuenciación jerárquica.
- **Fase de implementación:** Se ejecutó la secuencia de ética dentro del aula de robótica de la institución con los estudiantes del grado undécimo. mediante el juego exploratorio y la manipulación.
- **Fase analítica e interpretativa:** Se realizó la sistematización, codificación y análisis de contenido cualitativo de los datos obtenidos en fichas pedagógicas y rúbricas. Permitiendo contrastar las evidencias escritas y discursivas de los alumnos con los marcos teóricos de Bruner (1986) y Ian Hac Velasco (2018).

### **CAPÍTULO 5: DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA**

#### **5.1 bases pedagógicas e instruccionales del modelo didáctico**

El diseño se construyó sólidamente sobre tres pilares conceptuales: el constructivismo, el aprendizaje por descubrimiento y la experimentación. Tomando como base los aportes de Jerome Bruner (1986), se asume que la asimilación del concepto es complejo requiere recorrer

tres niveles: la acción concreta, la visualización y la abstracción por lenguaje. La propuesta se implementó con los estudiantes del grado 11-5 de la modalidad de media técnica en robótica de la institución educativa departamental Luis Carlos galán Sarmiento, un establecimiento oficial en Villavicencio, Meta. El perfil práctico de este grupo permitió un anclaje idóneo para avanzar desde un saber técnico hacia una apropiación conceptual cualitativa. La ruta instruccional rompió por completo con los enfoques lineales tradicionales, ampliamente cuestionados por su carácter memorístico. En su lugar, se adoptó el aprendizaje basado en problemas (ABP) en articulación directa con la gamificación y desafíos de laboratorio. Bajo este esquema dinámico, el docente abandonó la cátedra pasiva para convertirse en un guía que orienta los procesos cognitivos grupales. Asimismo, las prácticas de laboratorio se fundamentaron de manera directa en la epistemología experimental propuesta por Ian Hacking (1996). Esta postura sostiene que la experimentación escolar posee vida propia y que no se limita a la verificación sumisa de leyes preestablecidas. De este modo, al diseñar y construir de forma artesanal sus propios recursos, los alumnos desarrollaron un saber práctico y muy adaptable. La construcción de bobinados y cohesores sirvió como puente material al interactuar con los dispositivos, lo invisible se tomó real permitiendo a los estudiantes modelar con rigurosidad las interacciones.

## **5.2 DIAGNÓSTICO**

El marco de la presente investigación pedagógica se define normalmente a partir del planteamiento inicial de la propuesta en el aula. Cuando se diseñó esta secuencia didáctica experimental a través de la bobina de Tesla, se implementó un instrumento que ayuda a la evaluación diagnóstica de ideas previas, con el fin de caracterizar modelos mentales y obstáculos conceptuales en los alumnos de educación media técnica alrededor de los fenómenos electromagnéticos. Esta prueba fue aplicada el 17 de abril de 2026, en el cual la muestra fueron estudiantes del curso 11-5, la cual estaban organizados en subgrupos de trabajos colaborativos. La recolección de estos datos iniciales se convierte en la brújula metodológica del proyecto asegurando que las actividades de laboratorio posteriores respondan de forma directa a las necesidades cognitivas evidenciadas.

### **PREGUNTAS DIAGNÓSTICAS**

1. ¿Qué entienden por ondas electromagnéticas?.

2. ¿Dónde consideran que aparecen en la vida cotidiana las ondas electromagnéticas?
3. ¿Cómo imagina que viaja la señal de un celular o control remoto?
4. ¿Qué diferencia hay entre electricidad y onda electromagnética?

### **5.3 Diseño didáctico: Estructuración de la secuencia “explora, experimenta y comprende el electromagnetismo”**

El diseño de la secuencia ética se fundamentó en la articulación secuencial y jerárquica de fenómenos electromagnéticos, transitando desde la detección de perturbaciones invisibles hasta la transmisión inalámbrica de energía a través de la resonancia. Para dar operatividad a esta propuesta en el aula de la distribución educativa Luis Carlos Galán Sarmiento específicamente en el grado 11 - 5 de la modalidad de robótica), se diseñaron tres fichas pedagógicas e instructivos metodológicos bajo la tutoría del docente en formación.

#### **5.3.1 Sesión 1: detección de perturbaciones invisibles mediante la construcción del cohesor.**

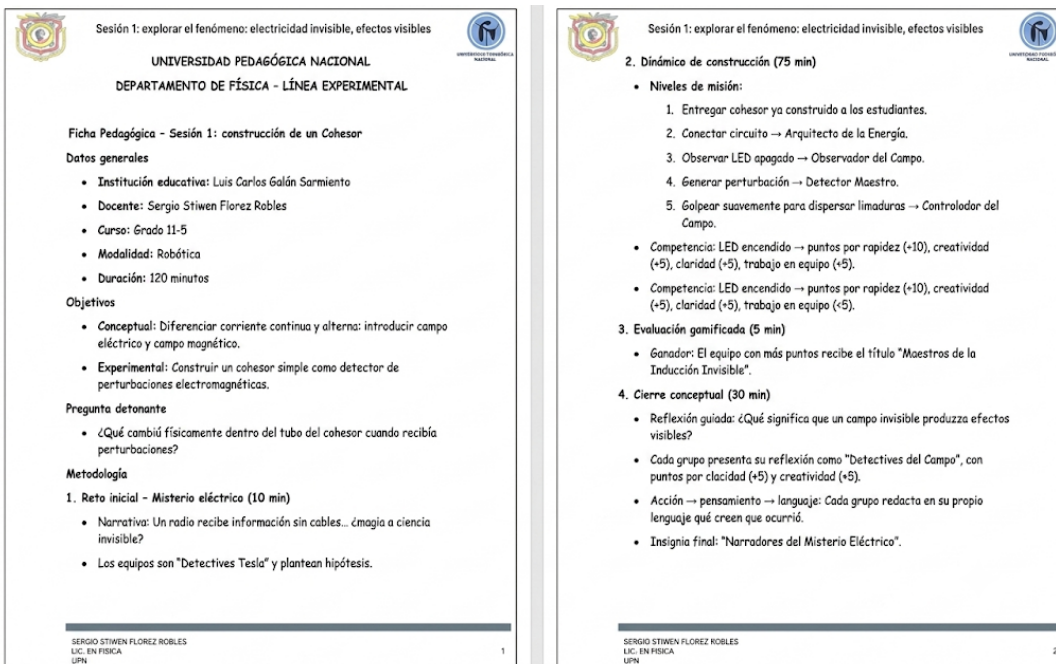
Propósito y conceptos clave: esta sesión inicial actúa como el andamiaje del proceso didáctico. Su objetivo conceptual radica en diferenciar entre corriente continua y alterna, así como introducir normalmente las nociones de campo eléctrico y magnético. El objetivo experimental es la manipulación y uso de un cohesor simple como detector físico de perturbaciones electromagnéticas.

Secuenciación Y didáctica calificada: con una duración de 120 minutos, el diseño metodológico parte de una pregunta detonante: ¿qué cambió físicamente dentro del tubo del cohesor cuando recibía perturbaciones?. A Través del reto inicial “misterio eléctrico”, los estudiantes se organizan en los equipos “detectives Tesla” para plantear hipótesis.

Dinámica experimental y roles: en la etapa constructiva se promueve roles específicos dentro de grupos (“Arquitecto energía”, “observador del campo”, “detector maestro” y “controlador del campo”). Los estudiantes conectan el circuito y experimentan el encendido de un LED ante una perturbación electromagnética lejana, teniendo que golpear suavemente el dispositivo para dispersar las limaduras y reiniciar su estado. La sesión concluye con espacio de reflexión estructurada bajo la premisa de acción - pensamiento - lenguaje, donde los estudiantes en grupo hablan sobre las interpretaciones que tienen acerca del fenómeno de la inducción invisible.

**Figura 2**

*Ficha Pedagógica de la Sesión 1: Construcción de un Cohesor.*



*Nota.* Estructura metodológica y didáctica diseñada para el abordaje del primer andamiaje experimental sobre electromagnetismo con los estudiantes de grado 11 - 5. Elaboración propia(2026).

### 5.3.2 Sesión 2: evidencia de la inducción electromagnética

- Propósito y conceptos claves: en esta etapa intermedia se profundiza en la ley de faraday y la inducción electromagnética. El objetivo es comprender cómo la variación temporal de un campo magnético es la condición simple para inducir una corriente eléctrica en un conductor cerrado.
- Materiales y estructura técnica: se diseñó un circuito compuesto por bobina emisora (con derivación central), una bobina receptora acoplada a un diodo LED, una batería AA de 1.5 V y un transistor 2n 22 22 (encargado de conmutar la corriente rápidamente para generar la variación del flujo magnético).
- Dinámica de indagación: se plantean preguntas de reflexión que guían la transición de la física clásica a la tecnología inalámbrica: ¿ por qué el led no se enciende si el campo



- Diseño del instructivo y andamiaje experimental: para mitigar la complejidad técnica y garantizar un ambiente seguro de baja potencia, se diseñó un instructivo guía detallado paso a paso para los estudiantes. Para asegurar la viabilidad del experimento en el aula dentro de la restricción del tiempo, se aplicó un criterio de recursividad institucional: el docente ASUME la tarea de pre elaborar Y entregar a cada grupo El embobinado secundario (enrollado de alambre de cobre calibre 22 en un tubo de PVC de 10 cm).
- Secuencia técnica: Los estudiantes se encargan de la construcción y ensamblaje del embobinado primario (de 5 a 8 vueltas de alambre de Calibre 15, Un poco más grueso. Para la base), la remoción del esmalte de cobre mediante lija suave, la inserción y soldadura/ conexión del transistor 2n 22 22, una resistencia de 22k y la fuente de poder de 9v en un protoboard o soporte de madera.
- Evidencia del campo eléctrico: la validación experimental de la transmisión inalámbrica se efectúa al acercar una bombilla fluorescente a la bobina, observando como esta se ilumina sin necesidad de contacto físico directo gracias a la intensidad de campo eléctrico alterno generado por el dispositivo.

**Figura 4**

*Instructivo Guía: Construcción de una Mini Bobina de Tesla.*



INSTRUCTIVO GUÍA: CONSTRUCCIÓN DE UNA MINI BOBINA TESLA.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA - LÍNEA EXPERIMENTAL

Ficha Pedagógica - Sesión 1: construcción de un Cohesor

**Datos generales**

1. **Institución educativa:** Luis Carlos Galán Sarmiento
2. **Docente:** Sergio Stiven Florez Robles
3. **Curso:** Grado 11-5
4. **Modalidad:** Robótica
5. **Duración:** 120 minutos

---

**INSTRUCTIVO - CONSTRUCCIÓN DE UNA MINI BOBINA DE TESLA**

**MATERIALES**

6. Transistor 2N2222
7. Resistencia 22 k $\Omega$
8. Alambre de cobre esmaltado para enrollar 10cm en tubo de  $\frac{1}{8}$  pulgada.
9. Tubo de PVC de 10 cm
10. Porta pilas o pila de 9 V

---

SEBASTIÁN STIVEN FLOREZ ROBLES  
LIC. EN FÍSICA  
UPN

2



INSTRUCTIVO GUÍA: CONSTRUCCIÓN DE UNA MINI BOBINA TESLA.



11. Cables (rojo y blanco)

12. Interruptor

13. Cinta adhesiva

14. Silicona

15. Lija suave.

16. Opcional: bolita de aluminio para decoración

---

**PROCEDIMIENTO**

**1**  
**Coloca el transistor (Inicio)**  
El transistor 2N2222 es la base del circuito.

- Inserta el 2N2222 en el protoboard
- Separa sus patitas: emisor, base y colector

**2**  
**Prepara las bobinas**  
Las bobinas es el corazón del experimento.

- **Embobinado secundario:** Enrolla alambre de cobre calibre 22 en un tubo de PVC de 10 cm
- Asegura con cinta
- Deja un trozo de alambre libre al inicio y otro al final
- Este paso el docente elabora la construcción del material y entrega cada grupo uno)
- **Embobinado primario:** realiza 5-8 vueltas de alambre grueso en la base del tubo, sin tocar el secundario.
- **Quita el esmalte** de las puntas de ambos embobinados con una lija suave.

**3**

---

SEBASTIÁN STIVEN FLOREZ ROBLES  
LIC. EN FÍSICA  
UPN

3



INSTRUCTIVO GUÍA: CONSTRUCCIÓN DE UNA MINI BOBINA TESLA.



**Conecta la resistencia**  
Coloca la resistencia de 22 k $\Omega$  en el protoboard y conéctala a la patita central del transistor (base).

**4**  
**conecta el cable blanco** al colector del transistor y enlázalo con el extremo inferior del embobinado secundario.

**5**  
**Conecta el cable negro** de la porta pilas al emisor del transistor.

**6**  
**une el cable rojo** de la resistencia con el extremo del embobinado primario.

**7**  
**Instala el interruptor**  
El interruptor controla el encendido.

- Coloca el interruptor en el protoboard
- Conecta un extremo al punto rojo/blanco
- Conecta el otro extremo al cable rojo de la porta pilas
- 

**8 conecta la pila**  
La energía proviene de la batería.

- Inserta la pila de 9 V en la porta pilas
- Asegura la conexión al protoboard

**Prueba el circuito**  
¡Experimental!  
Observa el fenómeno de transmisión inalámbrica.

- Enciende el interruptor

---

SEBASTIÁN STIVEN FLOREZ ROBLES  
LIC. EN FÍSICA  
UPN

4



INSTRUCTIVO GUÍA: CONSTRUCCIÓN DE UNA MINI BOBINA TESLA.



• Acerca una bombilla fluorescente

- La bombilla se encenderá sin contacto directo gracias al campo eléctrico

---

**OBSERVACIONES**

A. Este montaje es de baja potencia y seguro para demostraciones educativas.

B. El experimento muestra cómo la energía puede transmitirse a distancia mediante campos electromagnéticos, tal como lo demostró Nikola Tesla en 1891.

---

SEBASTIÁN STIVEN FLOREZ ROBLES  
LIC. EN FÍSICA  
UPN

5

*Nota.* Guía procedimental y de materiales diseñada para orientar a los estudiantes del grado 11-5 en el ensamblaje del circuito oscilador y el transformador resonante durante la fase experimental. Elaboración propia (2026).

## **5.4 Arquitectura técnica y especificaciones de la ingeniería didáctica adaptada**

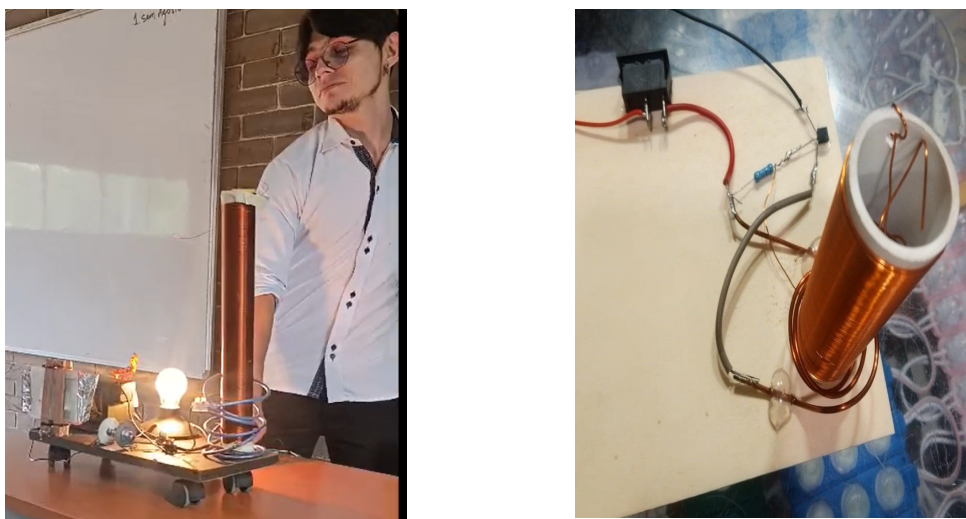
No fue casualidad incluir aquí descripciones técnicas minuciosas ni parámetros de ingeniería concretos. El diseño respondía al perfil específico de los estudiantes, alumnos de undécimo grado en la modalidad de robótica del instituto educativo departamental Luis Carlos Galán Sarmiento. En un contexto así, las generalidades no bastan. Era necesario desglosar con precisión las variables físicas e ingenieriles que los jóvenes ya manejaban y no se trataba de un formalismo. Esa rigurosidad técnica permitió que los estudiantes abordaran los dispositivos desde un marco analítico definido, garantizando que el que lo construyó considerara con su currículo especializado y, ante todo, que tuviera sentido para ellos.

### **5.4.1 Dos arquitecturas tecnológicas en paralelo en la intervención en el aula.**

En el aula, el kit estudiantil y el dispositivo docente se estructuraron sobre dos plataformas tecnológicas que operaban de forma complementaria. Cada grupo de alumnos disponía de un kit individual pensado para la manipulación directa, experimentación Autónoma y registro de fenómenos a pequeña escala. Mientras tanto, el profesor contaba con un equipo de mayor potencia, reservado de forma exclusiva para su uso, que reproducía esos mismos fenómenos a una escala amplia. La idea era sencilla: que los estudiantes contrastaran sus hipótesis en su propio espacio antes de pasar a la demostración colectiva. De este modo, al cierre de cada sesión, la síntesis conceptual del grupo partía de una base más firme, lo que optimiza la memoria de trabajo al evitar que la complejidad sature al alumno.

## Figura 5

*Arquitectura Fenomenológica en Paralelo Implementadas en el Aula.*



*Nota.* Comparación de los dos niveles de experimentación en el aula: a la izquierda, el dispositivo resonador de mayor potencia empleado por el docente para demostraciones generales; a la derecha, el kit de escala individual asignado a los estudiantes del grado 11-5 para la manipulación y registro autónomo de fenómenos. Fotografías tomadas por el autor de la investigación (2026).

### 5.4.2 Cálculo detallado y selección de componentes para la bobina de Tesla hecha por el docente.

Para el cálculo detallado y selección de componentes del sistema, se estructuraron los parámetros técnicos basados en el condensador de placas paralelas diseñado a medida. El objetivo central era alcanzar un acoplamiento resonante perfecto entre el tanque primario y el circuito. Con esto se busca evitar arcos térmicos persistentes que colapsan la eléctrica de laboratorio al usar condensadores industriales sobredimensionados, Como los CH85 de microondas de  $0,086\text{ pF}$ . El montaje utiliza 12 placas de aluminio de  $614.5\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ , separadas por capas dieléctricas de acetato de celulosa comercial de  $12.5\text{ cm}$  por  $10\text{ cm}$ . Dejando un margen de  $2\text{ cm}$  en los laterales para los terminales, el área efectiva de contacto se limitó al tamaño del acetato  $A = 125\text{ cm}^2$  o  $0.00125\text{ m}^2$ . El espesor dieléctrico por capas es de  $0.2\text{ mm}$  o  $0.00002\text{ m}$ . la

capacitancia total del dispositivo se rige mediante la ecuación estándar de condensadores de placas paralelas:

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A \cdot (n-1)}{d}$$

Donde  $\epsilon_0$  es la permitividad del vacío,  $\epsilon_r$  del acetato y  $n$  el número de placas, recopilando estos parámetros en la tabla 5. 1 De esta manera, el ajuste preciso de la geometría del condensador artesanal optimiza la sintonía de frecuencia en el circuito oscilante.

**Tabla 1**

*Parámetros Técnicos de Diseño y Selección de Componentes para el Condensador de Placas Paralelas*

| Parámetro Técnico de Diseño                       | Símbolo Formal | Valor Asignado / Medido | Unidad de Medida                 |
|---------------------------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------------------|
| Permitividad Eléctrica del Vacío                  | $\epsilon_0$   | $8.854 \times 10^{-12}$ | Faradios por metro ( $F/m$ )     |
| Permitividad Relativa del Acetato de Celulosa     | $\epsilon_r$   | 33.4                    | Adimensional                     |
| Área Efectiva de Superposición Placa Conductora   | A              | 0.0125                  | Metros cuadrados ( $m^2$ )       |
| Número de Capas Dieléctricas Activas Intercaladas | $n - 1$        | 11                      | Adimensional (12 placas totales) |
| Espesor Neto del Dieléctrico por Capa (Dos Hojas) | d              | 0.0002                  | Metros ( $m$ )                   |

*Nota.* Parámetros físicos y constantes eléctricos del vacío y del acetato de celulosa utilizados para calcular de manera teórica la capacitancia total necesaria en el circuito resonante del docente. Elaboración propia (2026).

$$C = 3.4 \cdot (8.854 \times 10^{-12} F/m) \cdot \frac{0.0125 m^2 \cdot 11}{0.0002 m}$$

$$C \approx 20.7 \text{ nF}$$

El resultado fue aproximadamente 20,7 nF ,resultó ser la ideal para acoplar la alta impedancia del sistema con la inductancia de la bobina primaria. el valor, en el rango de los nanofaradio, evitó sobrecargas térmicas y cortocircuitos, permitiendo una transferencia resonante eficiente hacia el solenoide secundario de 555 espiras.

### Figura 6

*Fases de Construcción y Montaje del Condensador Casero de Placas Paralelas*



*Nota. Detalle el proceso de manufactura del componente de almacenamiento: en la parte superior se aprecian las placas conductoras de aluminio cortadas a medida junto a las aguas de acetato de celulosa; en la parte inferior, el banco de placas paralelas completamente ensamblado prensado y montado en la estructura del dispositivo docente. Fotografías tomadas por el autor investigación (2026).*

### 5.5 estrategias para monitorear y evaluar el proceso cualitativo

En Villavicencio, el análisis detallado de los cambios conceptuales se sostuvo en un bucle constante de fuentes. Las fichas pedagógicas, las notas de observación, la rúbrica cualitativa y los registros de coevaluación y autoevaluación se contrastaron directamente con las rúbricas analíticas del diseño metodológico. La decisión entre los pequeños circuitos de baja potencia que manejan los estudiantes y el equipo de alta tensión controlado por el docente permitiendo paso a

paso, el avance cognitivo del grupo. bajo este esquema la recolección cualitativa se alineó directamente con el marco interpretativo. Los instrumentos permitieron triangular los datos empíricos con el sistema constructivista. Se evaluaron criterios específicos de exploración, observación y comunicación dialógica en el aula. de este modo, se documentó de forma rigurosa el Progreso de las habilidades argumentativas de los alumnos. Con las rúbricas se registraron en tiempo real las interacciones con los montajes técnicos.

## **CAPÍTULO 6 ANÁLISIS Y RESULTADOS**

### **6.1 Recopilación de resultados de las preguntas diagnósticas por categorías conceptual**

**Categoría A:** definición de onda electromagnética a través de la pregunta ¿Qué entienden por ondas electromagnéticas?.

En esta primera pregunta se indaga sobre las concepciones y definiciones que poseen los estudiantes respecto a las ondas electromagnéticas. Estos resultados dan a conocer una dispersión conceptual que se desplaza desde nociones intuitivas de la física clásica hasta interpretaciones científicas: varios estudiantes confunden la propagación de una onda con las fuerzas electrostáticas y magnéticas de atracción o repulsión. Un ejemplo, la respuesta del equipo 3, en donde define las ondas como aquellas que “Atraen cosas eléctricas”, en cambio el equipo 4 describe una definición como un” tipo de energía magnética en la cual dependiendo de su materia, posesión y distancia pueda atraerse o repelerse”. Esto permite mostrar un obstáculo epistemológico donde la onda no se concibe como un campo variable en el espacio, en cambio como una propiedad atractiva o repulsiva de los imanes o cargas estáticas. El Grupo 1 da una definición sobre las ondas electromagnéticas como “partículas eléctricas que requieren obligatoriamente de “materia” para desplazarse por el espacio. El equipo 2 asocia la onda con “una forma de energía que se dispersa a través del espacio... en este caso la energía de las personas” vemos una parcialidad semántica con el término “energía” se Distancia de las definiciones de la física clásica y se asocia a concepciones alternativas o interpretaciones antropomórficas y cotidianas propias del sentido común. Esta diversidad de concepciones alternativas pone de manifiesto la necesidad de consolidar una estrategia de enseñanza que no asuma los términos de la física desde un formalismo vacío. La presencia de obstáculos

ontológicos, donde la onda se materializa o se reduce a fuerzas macroscópicas directas, fundamenta por completo el diseño de actividades que desestabilicen estos modelos a partir de la experimentación directa y de la observación de fenómenos de inducción libre.

**Categoría B:** Identificación fenomenológica en la vida cotidiana por medio de la pregunta ¿Dónde consideran que aparecen en la vida cotidiana las ondas electromagnéticas?.

A los estudiantes se evaluó su capacidad para identificar manifestaciones reales de las ondas electromagnéticas en su entorno. Esa categoría registró los niveles más altos de acierto empírico. Análisis minucioso: si bien los estudiantes comparan la tecnología inalámbrica con la asistencia de ondas, perseveran con una confusión técnica en algunos grupos el tomacorriente como una onda electromagnética directa. En la cual se evidencia que confunden la alimentación eléctrica por conducción teniendo un margen de error conceptual con la radiación libre de ondas en el espacio. Este hallazgo cualitativo de la fase diagnóstica justifica metodológicamente la urgencia de implementar estrategias experimentales que disipen esas ideas alternativas. Al interactuar con la bobina de Tesla, los alumnos lograrán confrontar empíricamente la diferencia fáctica entre una corriente guiada y un campo radiado.

**Categoría C:** arquetipos mentales sobre propagación inalámbrica, a través de la pregunta ¿cómo imagina que viaja la señal de un celular o control remoto?

la tercera pregunta Busca que los alumnos representarán o explicaran cómo viaja la señal desde un dispositivo móvil o un control remoto hacia otro receptor: el equipo 3 destaca la identificación de que el control remoto de televisión emite una señal “por medio de infrarrojo”, demostrando un conocimiento previo valioso sobre las bandas del espectro electromagnético, el equipo 2, explica el viaje de la señal de celular espectro bajo el siguiente modelo: “celular emite frecuencia eléctrica y el otro celular recibe esa frecuencia señal como una onda que se propaga”. En esta descripción resalta un intento por unificar los conceptos de “eléctrica” y “onda propagada”, aunque sin andaje formal que vincula los campos oscilantes. Estas representaciones previas revelan que los alumnos buscan dar sentido a la conectividad mediante explicaciones funcionales e intuitivas. Al carecer de un aparato analítico formal, la secuencia didáctica

experimental con la bobina de Tesla se vuelve indispensable para conceptualizar las ondas como perturbaciones dinámicas y auto-sostenidas y auto-sostenidas en el espacio libre.

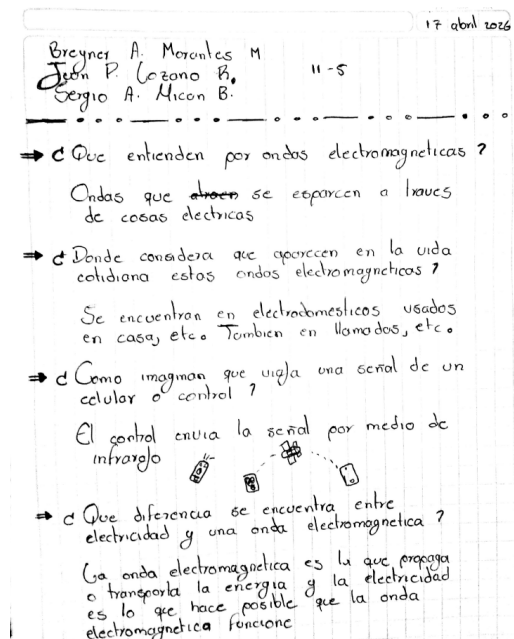
**Categoría D:** ¿Qué diferencia hay entre electricidad y onda electromagnética?

Este ítem permite construir el núcleo diferenciador de la prueba. Dando a conocer cómo estructuran los estudiantes la relación entre el flujo de carga eléctrica y la radiación electromagnética.

aciertos clave: se identificó una sólida intuición física en gran parte de los grupos a diferenciar ambos conceptos mediante la necesidad de un canal físico o material el equipo 4 señala que “La electricidad se mueve por materiales conductores y las ondas electromagnéticas no”, esto es respaldado por el equipo 5, quienes definen la electricidad como un “flujo de electricidad y la onda electromagnética como una onda sin necesidad de un medio”. Desde el . de vista pedagógico, esa diferenciación basada en el Canal de propagación constituye una de un hallazgo fundamental que revela que los alumnos reconocen de manera espontánea la naturaleza mecánica de las señales electromagnéticas, validando su capacidad de transferir energía en ausencia de un sustrato material conductor. Estos esquemas conceptuales espontáneos representan el . de apoyo ideal para la posterior secuencia experimental. A través del uso de la bobina de Tesla, se buscará complejizar esta noción de canal de propagación, transformando la idea intuitiva de “ausencia de un medio” en una comprensión formal y científica basada en la teoría clásica de Campos.

**Figura 7**

*Socialización del Andamiaje Experimental en el Aula de Clases*



*Nota.* evidencia de la respuesta construida en grupo por los estudiantes durante la sesión de socialización diagnóstica y análisis de los circuitos resonantes documento escaneado por el investigador (2026).

### 6.1.1 Implicaciones para el diseño didáctico experimental

La caracterización y diagnóstico de los modelos mentales estudiantiles permiten fundamentar la estructura metodológica de la secuencia de inter-aprendizaje. El análisis cualitativo de la evaluación diagnóstica arroja valiosas directrices metodológicas para el aula. Los resultados sistematizados se evidencian que, aunque los estudiantes poseen una excelente familiaridad fenoménica con los dispositivos tecnológicos de su entorno, presentan obstáculos conceptuales de carácter ontológico sobre Qué es una onda (confundiéndose con partículas o magnetismo estático) y cómo se vincula con la electricidad. La implementación de la bobina de Tesla como eje del diseño didáctico experimental se justifica plenamente a partir de este diagnóstico, permitiendo abordar las siguientes rutas de aprendizaje:

- superación del modelo corpuscular/ material ( pregunta 1): el encendido inalámbrico de gases nobles en tubos fluorescentes o bombillos ahorradores en la proximidades de la bobina servirá como evidencia empírica de que la energía transmitía por un campo

eléctrico variable en el espacio y no por partículas materiales que viajan físicamente en el aire.

- Evidencia de la relación causa-Efecto (pregunta 4): la bobina de Tesla ilustra de forma explícita como a las altas corrientes de alta frecuencia que circulan por el circuito primario y secundario (electricidad) se desprenden en forma de radiación (ondas), permitiendo a los estudiantes experimentar físicamente como se pasa de un medio conducido a uno radiado.
- Compresión de la propagación (pregunta 3): se podrá simular el funcionamiento de antenas emisoras y receptoras a escala elemental, permitiendo conceptualizar el viaje de las señales inalámbricas que hacen posible la telefonía y el internet hoy en día. De este modo, el dispositivo trasciende su función puramente demostrativa para constituir en un recurso de mediación pedagógica estructurado. Su uso permite que fenómenos de carácter abstracto e invisible adquieran una dimensión física manipulable y observable. La secuencia se convierte así en un puente efectivo entre los saberes intuitivos del alumno y los modelos formales de electromagnetismo clásico.

## Figura 8

*Respuestas Grupales de la Sesión de Prueba y Socialización Diagnóstica.*



*Nota.* Consolidado de las respuestas construidas de forma colectiva por los estudiantes en torno a la pregunta orientadora sobre las señales electromagnéticas. Fotografía tomada por el docente investigador (2026).

## 6.2 desarrollo de las sesiones

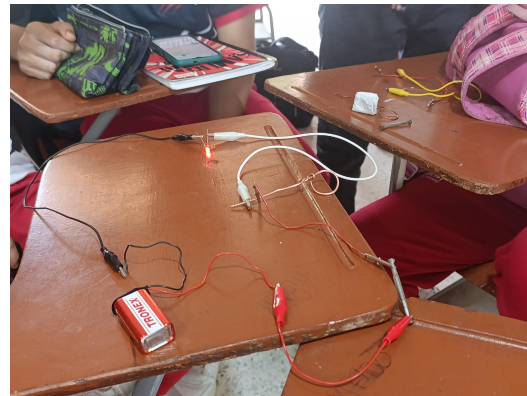
### 6.2.1 primera sesión: montaje del cohesor mecánico para la detección de ondas electromagnéticas

La intervención práctica comenzó con una sesión centrada en explorar cómo se reciben las ondas, tomando como base los experimentos históricos de Calzecchi-Onesti y Edouard Branly. los estudiantes de robótica de grado 11-5 asumieron un rol activo en un entorno de aprendizaje que combinaba el trabajo de laboratorio y el juego cooperativo. Su tarea principal consistió en armar un cohesor: un tubo transparente relleno de primavera de hierro, conectado a un circuito de corriente continuo con una led. Al principio, el circuito permanecía abierto y el led completamente apagado, ya que las partículas metálicas desordenadas ofrecían una resistencia muy alta. El momento clave de la práctica llegó cuando se generó una pequeña chispa en un extremo del montaje Un chispero eléctrico de baja potencia. Los alumnos vieron como, al propagarse la señal invisible, las limaduras dentro del tubo se alineaban de inmediato. Reduciendo la resistencia y encendiendo el led sin necesidad de cables. También descubrieron que un simple golpe mecánico al tubo desordenado a las partículas, devolviendo el sistema a un estado inicial de corte. Este ejercicio práctico operó como un factor de desestabilización empírica frente a las concepciones de los estudiantes respecto a la inactividad del espacio y la supuesta

necesidad de una interacción por contacto material para la interacción. La sesión evidenció Cómo la construcción de significados en torno a los fenómenos electromagnéticos se ve favorecida cuando los estudiantes interactúan directamente en la estabilización de la evidencia física, a través de la manipulación, los estudiantes comprendieron que los fenómenos electromagnéticos poseen una autonomía relativa, pero que pueden ser estabilizados

### Figura 9

*Evidencia del Desarrollo Grupal de la Construcción del Cohesor Durante la Primera Sesión.*



*Nota.* Imagen de la derecha constata el funcionamiento de la construcción del cohesor de forma grupal, imagen de la izquierda socialización de la primera sesión. fotografías tomadas por el docente titular Alberto Vera Tapias (2026) y el docente investigador (2026), respectivamente.

Se aplicó un instrumento de indagación cualitativa (preguntas abiertas) para identificar los modelos explicativos intuitivos que los estudiantes de grado 11-5 poseían en torno a los fenómenos electromagnéticos antes de interactuar con el profesor histórico. Las respuestas analizadas revelan una transición entre explicaciones de corte mecanicista, nociones tecnológicas cotidianas y los primeros indicios de conceptualización de Campos abstractos.

#### **A. Mecanismo de emisiones recepción en dispositivos cotidianos**

Frente al interrogante como un dispositivo electrónico (bafle) logra recibir o Emitir señales inalámbricas, la mayoría de los estudiantes recorrió al uso de componentes logra recibir o

emitir señales inalámbricas, la mayoría de los estudiantes recorrió al uso de componentes funcionales específicos y tecnologías de su entorno técnico inmediato:

- **Modelos basados en sensores y transductores:** Varios jóvenes explicaron el fenómeno mediante la acción de “sensores” encargados de disparar y recibir pulsos, atribuyendo a la función explícita de codificar o transformar ondas en procesos del dispositivo. Un ejemplo de ello se identifica en la descripción de un integrante del equipo 6, quien afirmó: “con sensores, que literal hacen eso, disparan pulsos de ondas Para que otro sensor lo revisa e interprete Qué quiere decir”
- **Modelos basados en tecnologías de comunicación comercial:** Él “Bluetooth” y las tarjetas electrónicas se constituyeron en el resorte explicativo más frecuente . Los estudiantes asociaron la recepción inalámbrica de forma directa con la presencia de un “chip Bluetooth”, la “placa base” o componentes físicos específicos, tal como se registra en la respuesta de un fragmento manuscrito: “... pues puede decir que el chip transmite las señales...”
- **Asociación con la energía cinética:** Resulta notable la persistencia de explicaciones que confunden las señales con transferencias de movimiento mecánico macroscópico. Estudiantes manifestaron explícitamente que la señal propaga “gracias a la energía cinética”, afirmación respaldada por un integrante del equipo 7 al registrar en su ficha que está “viaja por medio de energía cinética entre los dispositivos”. Esta preconcepción evidencia una interpretación de carácter mecánico para describir la perturbación electromagnética.
- **Uso del modelo de antena externa e interna:** Para otro subgrupo de alumnos, el canal táctico de la transmisión ocurre a través de “antenas internas”. del aparato, explicando la recepción a partir de líneas físicas conducidas dentro del armazón del dispositivo.

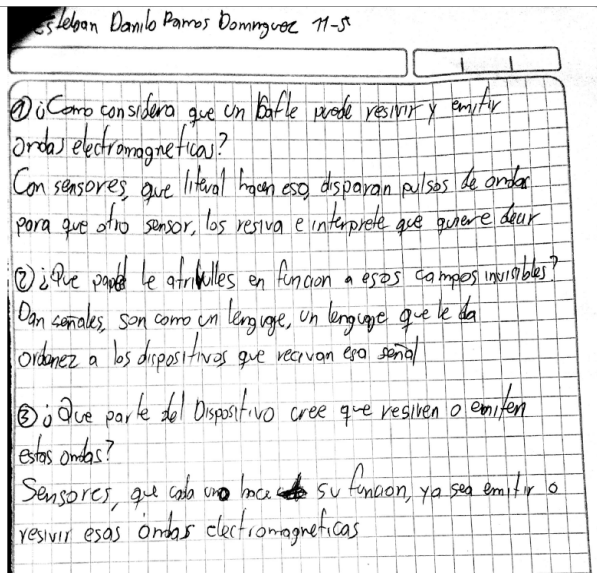
## B. Naturaleza y función de los campos invisibles

Al indagar sobre el papel que cumple los “campos invisibles” o las “ondas” para que los aparatos funcionen sin cables, los estudiantes lograron desligarse parcialmente de la estructura material de los circuitos. Para proponer interpretaciones funcionales y abstractas:

- **El campo como lenguaje e información:** Un integrante del equipo 6 propuso una analogía semiótica al afirmar que los campos invisibles “son como un lenguaje, un lenguaje que le da órdenes a los dispositivos”. en este mismo orden, los alumnos identificaron de manera formal que el papel de las ondas es “transportar las señales sin necesidad de cables” o “enviar información sin necesidad de un medio material”.

**Figura 10**

*Respuestas de los Estudiantes Sesión 1.*



*Nota.* Registro de los estudiantes pertenecientes al grupo de robótica durante el desarrollo de la sesión 1. documento escaneado por el docente investigador (2026).

- **El campo como fuerza o fuente de activación:** Para otros estudiantes, el campo ejerce una función operativa de fuerza motriz o suministro energético a distancia, asignándole

error de conectar un dispositivo a otro, proveer carga remota a las baterías o servir como un mecanismo de arranque para activar los sensores internos de receptor.

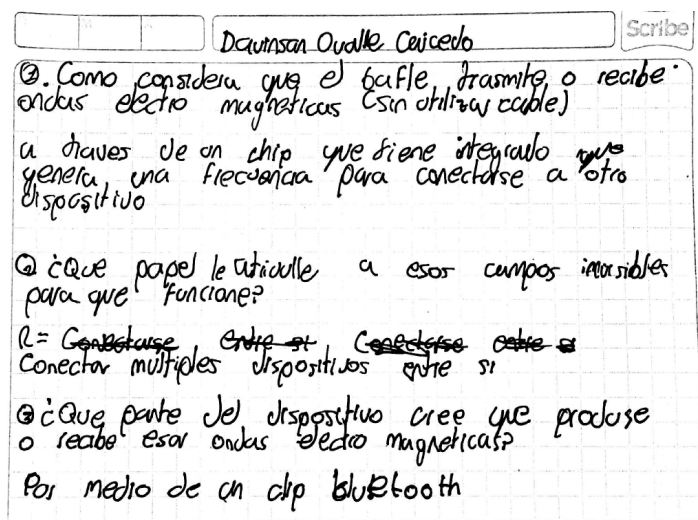
### C. Conceptualización colectiva de las ondas electromagnéticas

Hacia el cierre de la jornada formativa, se evaluó el grado de abstracción General alcanzado por los equipos de trabajo al definir de manera formal el concepto de onda electromagnética:

- **Independencia del medio material:** El equipo 6 logró definir ondas como “la propagación de energía en el espacio sin necesidad de un medio. Así mismo, identificaron de forma correcta la naturaleza electromagnética Un fenómeno cotidiano fundamental al establecer que “la luz también es una onda electromagnética”.

**Figura 11**

*Conceptualización colectiva de las ondas electromagnéticas.*



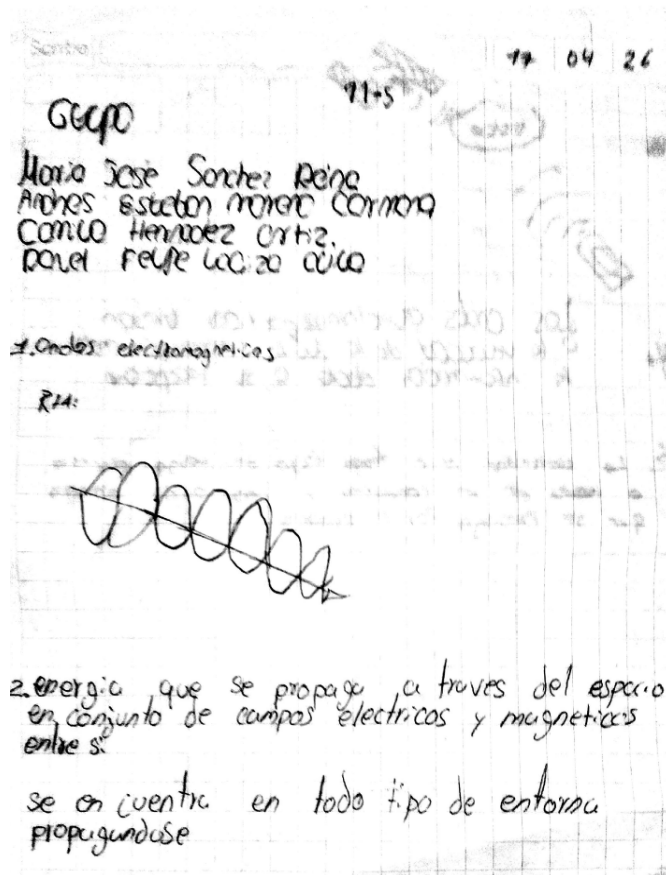
*Nota.* Respuesta por parte de un estudiante de la modalidad de robótica del grado 11-5 durante el desarrollo de la sesión 1, documento escaneado por el docente investigador (2026).

- **modelación preliminar de Campos cruzados:** Por su parte, el equipo 8 avanzó hacia una definición más cercana al modelo clásico de la física, al conceptualizar la onda

electromagnética como un “conjunto de Campos eléctricos y magnéticos que se encuentran entre sí a Propagándose a través del espacio”.

**Figura 12**

*Respuestas de Naturaleza y Función de los Campos Invisibles*



*Nota.* Respuesta por parte del equipo 8 , Estudiantes de la modalidad de robótica de grado 11-5 durante el desarrollo de la sesión 1, documento escaneado por el docente investigador (2026).

- **Distinción entre ondas y electricidad:** Un aspecto clave para los resultados de la secuencia fue la diferenciación ontológica lograda por los estudiantes entre el flujo de electrones conducido y la radiación libre; el alumnado sintetizó de manera intuitiva que “la onda electromagnética produce la señal” o corriente circulante a través del conductor.

**Cierre analítico y vínculo con el marco teórico:**

Las respuestas iniciales del equipo 3 en torno a la “energía cinética” corroboran empíricamente la tesis dictadas de Furio y guisasola (1997) sobre el arraigo del paradigma mecanicista en el aprendizaje de electromagnetismo. Al carecer de un modelo de campo, los estudiantes transfieren de forma espontánea las propiedades de la mecánica macroscópica para otorgar dinamismo al fenómeno inalámbrico. No obstante, la transición discursiva observaba hacia “un lenguaje que da órdenes” o las definiciones colectivas de “Campos eléctricos y magnéticos propagándose” evidencia como desplazamiento dentro del perfil conceptual. Los estudiantes no sustituyen radicalmente a sus ideas previas, sino que incorporan una zona de lenguaje científico adecuada al contexto del aula. en términos de Jerome Bruner (1986), el uso del cohesor facilitó el tránsito desde una representación activa e icónica (operar el chispero y ver el LED) Hacia el inicio de una estructura simbólica, donde el lenguaje de la física comienza a ser utilizado para describir la autonomía espacial de las señales.

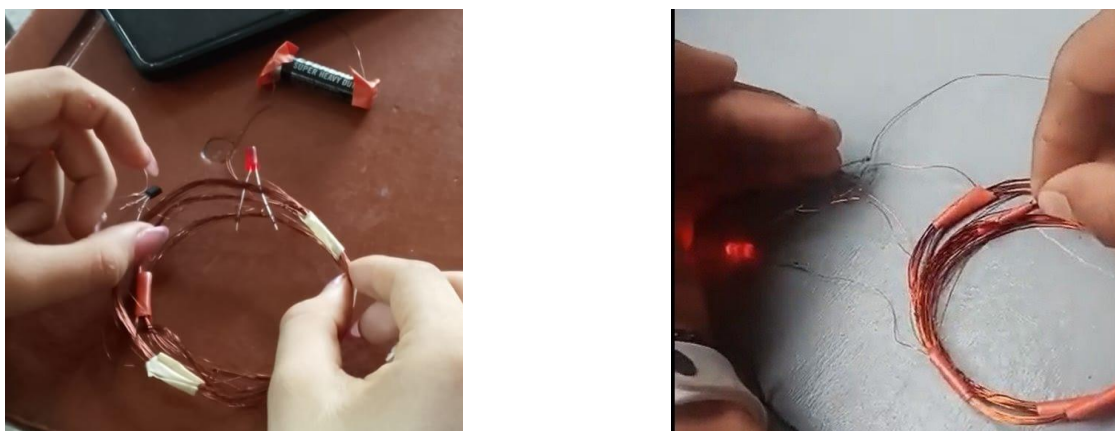
#### **6.2.2 segunda sesión: inducción magnética con bobinas de derivación Central**

Posteriormente a la desestabilización conceptual de la sesión inicial, las siguientes fases se enfocó en la aplicación de la ley de faraday de manera práctica y contextualizada en el aula. Los estudiantes construyeron bobinas de cobre siguiendo un diseño específico: enrollando 12 vueltas de alambre alrededor de un vaso plástico de gaseosa, luego extrajeron el hilo realizando una derivación central y completaron con otras 12 vueltas en el mismo sentido, logrando 24 vueltas completadas. Después de lijar los extremos para eliminar el barniz aislante, conectado la bobina a un transistor 2n2222 y a una pila AA de 1,5 V.

Al acercar una segunda bobina con un led al campo generado por la primera, los alumnos observaron como el bombillo se encendía a una distancia considerable. El ejercicio los llevó a entender que si las bobinas o un imán permanecían estáticos no había transferencia de energía, infiriendo de manera empírica que la variación del flujo magnético produce una fuerza electromotriz. Esta experiencia, plenamente alineada con el aprendizaje por descubrimiento, les permitió construir una comprensión básica de la causalidad en los fenómenos a través de la manipulación concreta.

### Figura 13

#### *Construcción y Funcionamiento de los Embobinados.*



*Nota.* En la fotografía izquierda se evidencia el ensamble final de Los embobinados y en la fotografía de derecha el funcionamiento eficaz de los embobinados. Por parte de los estudiantes de la modalidad de robótica. fotografías tomadas por el docente investigador (2026).

#### **Cierre analítico y vínculo con el marco teórico:**

Esta sesión materializa la íntima relación entre representar e intervenir postulada por Ian Hacking (1996). La ley de Faraday deja de ser un algoritmo matemático abstracto para transformarse en un fenómeno real a través de la acción física de aproximación y distanciamiento de los devanados. El acierto procedimental obliga al estudiante a internalizar que la inducción no depende de la mera presencia de magnetismo, sino de su variación temporal. Siguiendo a Bruner, la acción manipulativa directa sobre el cobre y el transistor se constituye en el soporte representacional indispensable para que la mente del alumno Estructura el principio de conservación y transferencia inalámbrica de la energía.

#### **6.2.3 sesión de retroalimentación: integración de los aprendizajes de las sesiones 1 y 2**

[Para afianzar lo aprendido y preparar el terreno para los circuitos oscilantes, se dedicó una sesión de 60 minutos a la retroalimentación. en la cual se tuvo una charla con los estudiantes en donde comenzaron a responder individualmente preguntas sobre los cambios físicos al recibir La chispa o el papel del transistor en las bobinas.

Luego, compartieron sus respuestas en grupo de manera conversacional. La actividad central fue un juego llamado detectives de del campo, Donde cada equipo debía explicar los fenómenos observados usando términos científicos, procurando sustituir las explicaciones basadas en el sentido común por descripciones fundamentadas en el lenguaje formal de la disciplina. Durante los debates, el docente evaluó en tiempo real cuatro aspectos clave: exploración técnica, la observación de fenómenos, la comunicación de ideas y el trabajo en equipo.

**Tabla 2**

*Rúbrica Cualitativa para Evaluar el Aprendizaje Activo y las Interacciones en Equipo.*

| <b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>        | <b>NIVEL INICIAL</b>                                                                                  | <b>NIVEL EN DESARROLLO</b>                                                                                           | <b>NIVEL AVANZADO</b>                                                                                                        |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DOMINIO TÉCNICO</b>                | Sigue instrucciones paso a paso como si fueran recetas, sin entender qué busca el procedimiento       | Detalla los pasos técnicos que siguió para armar el circuito, pero sin ir más allá                                   | Propone ajustes por cuenta propia para mejorar el aislamiento o cómo se acopla el dispositivo                                |
| <b>REGISTRO DE FENÓMENOS</b>          | Solo nota que el LED pasa de apagado a encendido.                                                     | Explica los cambios en la intensidad con comparaciones sencillas, sin profundizar.                                   | Vincula lo observado con la Ley de Faraday y cómo varía el flujo magnético.                                                  |
| <b>EXPRESIÓN ESCRITA</b>              | Redacta frases breves y sin términos técnicos de física.                                              | Usa palabras como voltaje o inducción, pero sin integrarlas en un contexto más amplio                                | Desarrolla explicaciones coherentes que conectan el experimento con los principios teóricos y su evolución histórica.        |
| <b>TRABAJO EN EQUIPO COLABORATIVO</b> | Adopta una postura pasiva, limitándose a observar o mostrando resistencia ante las dinámicas grupales | Interviene en las actividades del equipo de manera irregular, cumpliendo solo con lo asignado en momentos puntuales. | Contribuye activamente al proceso de aprendizaje colectivo, guiando y reforzando el desarrollo científico de sus compañeros. |

*Nota.* Formato de rúbrica aplicada en la sesión de retroalimentación a los estudiantes de la modalidad de robótica de grado 11 - 5. elaboración por el docente investigador (2026).

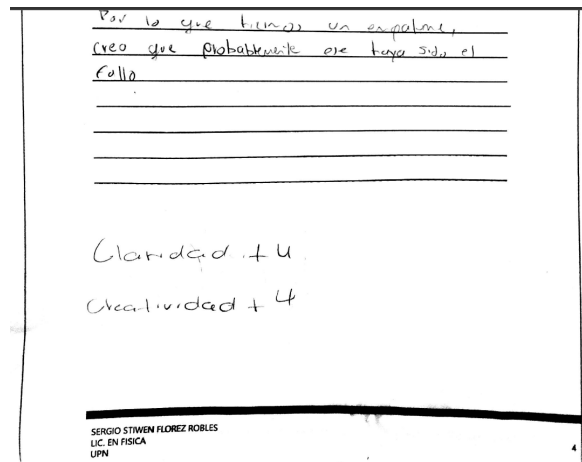
## **Sistematización y análisis de rúbricas de la sesión 2**

La sistematización del desempeño estudiantil durante la segunda sesión se consolidó mediante la rúbrica analítica transversal, reflejando El Progreso práctico y cognitivo de los equipos en sus respectivas fichas de trabajo. el cual obtuvo una calificación cualitativa ponderada de 5/5 en creatividad y 33/5 en Claridad. El desglose detallado de los cuatro criterios clave de evaluación se estructura de la siguiente manera:

- **Exploración técnica (puntuación: 5/5):** los estudiantes mostraron un desempeño excepcional al manipular de forma Autónoma el bobinado de derivación Central (12 + 12 vueltas) y soldar el transistor 2n 2222, Identificando proactivamente que “el transistor empezó a generar calor y el aislamiento del Cobre puede generar dificultades Que funcione el proyecto”.
- **Observación de fenómenos (puntuación: 4/5):** logrando comentar con precisión la interdependencia de las variables en juego, registrando textualmente que “cuando se acercan ambas bobinas se encendía el LED” y asociando la falla de inducción de otros subgrupos a “la separación entre las bobinas que no permiten el campo electromagnético”.
- **Comunicación de ideas (puntuación: 3/5):** aunque los alumnos identificaron el rol Dinámico del transistor al explicar que “generó campo magnético que gracias a él se amplificó conduciendo la energía”, persistió un lenguaje híbrido entre la conducción material y la radiación inalámbrica, lo que justifica la calificación media en este componente discursivo.
- **Trabajo en equipo (puntuación: 5/5 ):** la asignación de roles técnicos cooperativos permitió estabilizar el montaje de forma exitosa, logrando resolver de manera autónoma las fallas operativas del circuito mediante el debate activo en el laboratorio de robótica.

**Figura 14**

*Puntuación Gamificada.*



*Nota.* Puntuaciones otorgadas a los distintos grupos de la modalidad de robótica del grado 11 - 5 en las fichas pedagógicas, elaborada por el docente investigador(2026).

**Cierre analítico y vínculo con el marco teórico:**

el surgimiento de un lenguaje híbrido en(“conduciendo la energía”) valía la perspectiva constructivista sobre la coexistencia de zonas en el perfil conceptual. Los estudiantes emplean términos científicos formalizados (“campo magnético”; transistor), pero arrastra la estructura sintáctica de la conducción óhmica material (“conducir”). Al forzar la verbalización y confrontación del circuito fallido (“la separación... no permite el campo”), el error deja de ser un elemento punitivo y se transforma, en sintonía con Rojas Martínez (2017), en un motor de autorregulación y calibración instrumental indispensable para que el fenómeno sea estabilizado científicamente por el alumno.

**Figura 15**

*Socialización del Andamiaje Experimental en el Aula de Clase.*



*Nota.* Estudiantes de la modalidad de robótica del grado 11 - 5 durante la demostración y socialización del andamiaje experimental en el aula de clase fotografía tomada por el docente titular Alberto Vera Tapias (2026).

#### **6.2.4 tercera sesión: construcción de una mini bobina de Tesla electrónica y sintonía resonante**

El cierre de la secuencia fue la construcción de una mini bobina de Tesla de Estado sólido, basada en un circuito oscilante tipo slayer exciter. Los estudiantes aplican sus habilidades técnicas para llevar un diagrama esquemático a la realidad, montando los componentes en un protoboard algunos y otros en un soporte de madera. El proceso requirió conectar el emisor de un transistor 2n2222 al Polo negativo, soldar una resistencia de 22k al positivo y fijar el extremo inferior a una bobina secundaria de 300 a 700 vueltas a la base del transistor.

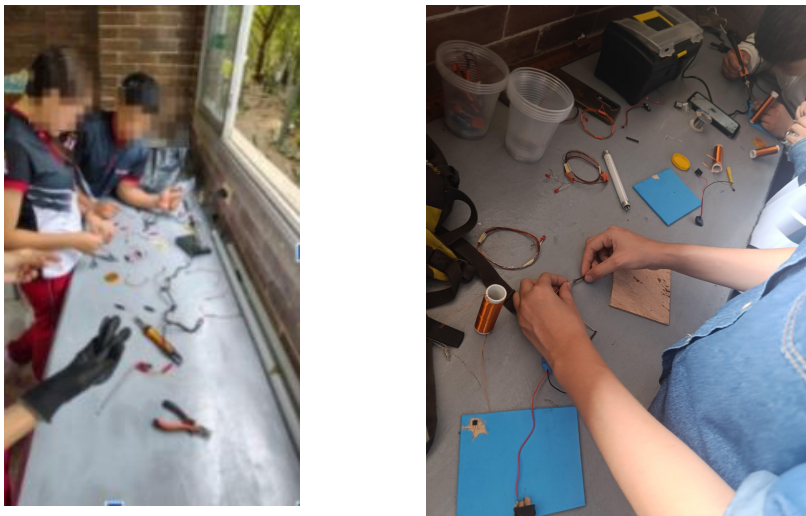
Completaron el circuito construyendo una bobina de seis vueltas que va alrededor de la bobina secundaria, entre la base y el colector. Al alimentar el sistema con una batería de 9V, el transistor comienza a auxiliar a alta frecuencia, convirtiendo la corriente continua en ondas que inducen un campo en la bobina secundaria. Los alumnos comprobaron el funcionamiento acercando pequeños bombillos de neón, que se encendían sin contacto. vieron cómo variaba la intensidad del brillo según la distancia.

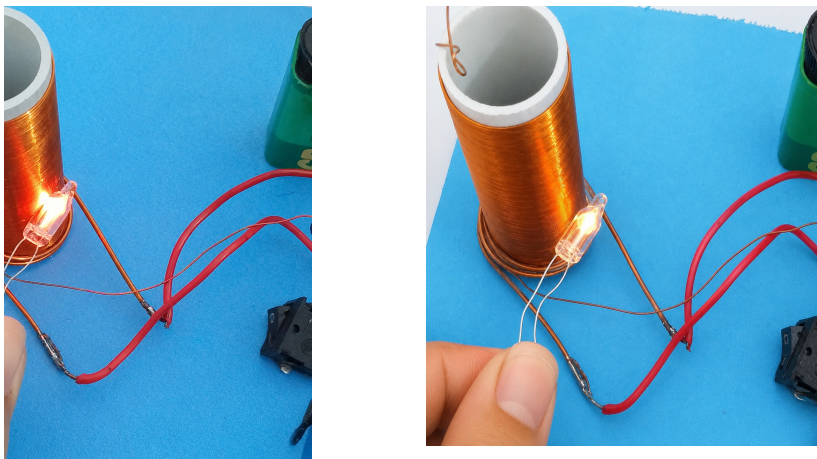
Este dispositivo no solo demostró principios teóricos, sino que actuó como un intermediario fenomenológico que facilitó el tránsito desde la representación manipulativa hacia la abstracción formal. La calibración manual de la frecuencia del circuito operó como un dispositivo de desestabilización empírica.

al regular las variables físicas en tiempo real, los estudiantes confrontaron las limitaciones explicativas de la acción a distancia de carácter newtoniano, lo que propició una transición gradual hacia la modelación de un espacio modificado dinámicamente por la presencia del campo que responde a Fuentes oscilantes capaces de transmitir información. de este modo, la manipulación material directa facilitó la transición conceptual de los educandos hacia la electrodinámica contemporánea, corrigiendo las conexiones del circuito en su momento de ensamblado Y estabilizando de forma Autónoma el fenómeno físico en el laboratorio de robótica.

### **figura 16**

*Estudiantes del Grado 11-5 Durante el Montaje de la Bobina de Tesla (Sesión 3).*





*Nota.* Registro fotográfico del proceso de construcción del circuito oscilante tipo slayer en soporte de madera, evidenciando la aplicación de habilidades técnicas y la interacción grupal. Fotografía tomada por el docente investigador (2026).

#### **6.2.4.1 Consolidación y transición fenomenológica.**

Al finalizar la intervención, se sistematizaron las respuestas de los estudiantes a través de preguntas abiertas recolectadas en la plataforma digital Mentimeter, con el propósito de evaluar los procesos de abstracción e integración conceptual alcanzados de forma colectiva. El análisis cualitativo permitió identificar dos dimensiones fundamentales:

**dimensión 1: la visibilización del campo (categoría emergente denominada por los estudiantes como “hacer visible lo invisible”)**

La sesión no sólo permitió la validación técnica del circuito, sino que la aproximación del gas noble al entorno de la bobina y su consecuente ionización inalámbrica facilitaron la observación indirecta del fenómeno. Así mismo, se tensionó la noción intuitiva del aire como un vacío inerte. a través de este intermediario experimental, los educandos reconfiguraron su perspectiva fenoménica, atribuyendo al espacio circulante Propiedades dinámicas asociadas a la presencia y propagación de líneas de campo eléctrico variable, sin que esto implique la disolución total e inmediata de sus estructuras explicativas de sentido común. En la actividad de síntesis reflexiva, los estudiantes acuñaron más manuscritos que ilustran esta transición:

“lo invisible hace visible Cuando descubrimos cómo actúa la energía sin necesidad de cable”

Esta frase condensa el cambio en las estructuras de pensamiento de los alumnos de undécimo grado de la modalidad media técnica de robótica. La aproximación del bombillo de neón y la consecuente emisión de luz generada por la aceleración de electrones e ionización del gas sirvieron como el soporte empírico para que el modelo abstracto de campo adquiriera asistencia física y validez observable en el entorno de laboratorio.

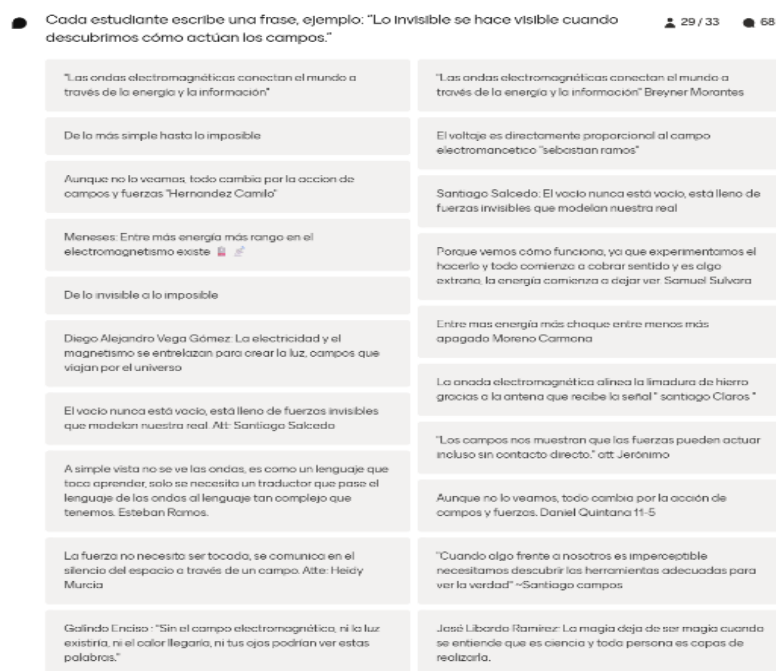
### **Dimensión 2: la resignificación de la Fórmula frente a la estabilización práctica**

al abordar de manera metacognitiva la pregunta: ¿Qué diferencia hay entre memorizar una fórmula física y estabilizar el fenómeno?, los educando manifestaron con notable Claridad El Salto cualitativo que representa la manipulación instrumental y la calibración manual frente al aprendizaje tradicional:

- **integrante del equipo 5:** “Es mejor aprender haciendo que viendo ya que se puede ver y es más fácil ver cómo funciona la fórmula a partir de lo que aprendí”.
- **integrante del equipo 3:** “memorizando las fórmulas físicas es más complicado hacer o resolver algo que haciéndolo o realizándose con nuestras propias manos”.
- **integrante del equipo 2:** “aprendo más si estabilizo los fenómenos con mis propias manos Ya que olvido las cosas muy fácilmente”.
- **integrante del equipo 7:** “memorizar una fórmula no significaba que yo supiera cómo funcionaba... por lo contrario de hacerlo manual”.

**Figura 17**

### *Respuestas de los Estudiantes en Plataforma Virtual*



*Nota.* Respuestas digitales a través de la plataforma virtual Mentimeter de los estudiantes de modalidad de robótica del grado 11 - 5, Registro descargado a través de la página mentimeter. (2026).

La sesión no sólo permitió la validación técnica del circuito, sino que la aproximación del gas noble al entorno de la bobina y su consecuente ionización inalámbrica facilitaron la observación indirecta del fenómeno. Así mismo, se tensionó la noción intuitiva del aire como un vacío inerte. a través de este intermediario experimental, los educandos reconfiguraron su perspectiva fenoménica, atribuyendo al espacio circulante Propiedades dinámicas asociadas a la presencia y propagación de líneas de campo eléctrico variable, sin que esto implique la disolución total e inmediata de sus estructuras explicativas de sentido común. En la actividad de síntesis reflexiva, los estudiantes acuñaron más manuscritos que ilustran esta transición:

“lo invisible hace visible Cuando descubrimos cómo actúa la energía sin necesidad de cable”

Esta frase condensa el cambio en las estructuras de pensamiento de los alumnos de undécimo grado de la modalidad media técnica de robótica. La aproximación del bombillo de neón y la

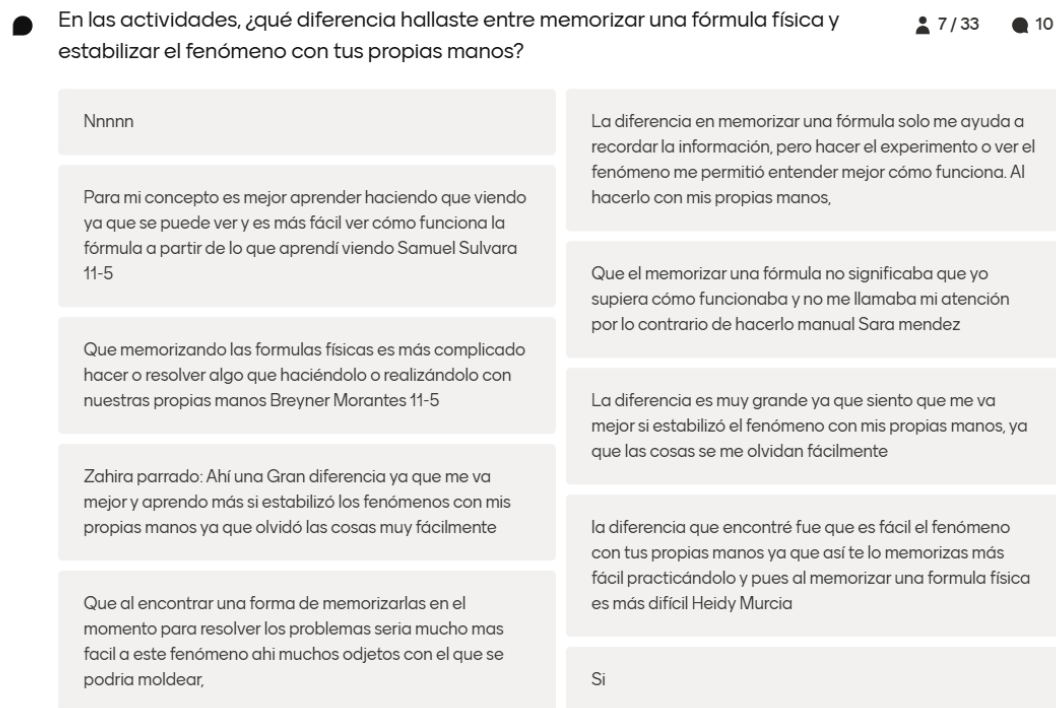
consecuente emisión de luz generada por la aceleración de electrones e ionización del gas sirvieron como el soporte empírico para que el modelo abstracto de campo adquiriera asistencia física y validez observable en el entorno de laboratorio.

Dimensión 2: la resignificación de la Fórmula frente a la estabilización práctica al abordar de manera metacognitiva la pregunta: ¿Qué diferencia hay entre memorizar una fórmula física y estabilizar el fenómeno?, los educando manifestaron con notable Claridad El Salto cualitativo que representa la manipulación instrumental y la calibración manual frente al aprendizaje tradicional:

- INTEGRANTE DEL EQUIPO 1: “Es mejor aprender haciendo que viendo ya que se puede ver y es más fácil ver cómo funciona la fórmula a partir de lo que aprendí”
- INTEGRANTE DEL EQUIPO 5: “memorizando las fórmulas físicas es más complicado hacer o resolver algo que haciéndolo o realizándose con nuestras propias manos”.
- INTEGRANTE DEL EQUIPO 2: “aprendo más si estabilizo los fenómenos con mis propias manos Ya que olvido las cosas muy fácilmente”.
- INTEGRANTE DEL EQUIPO 4: “memorizar una fórmula no significaba que yo supiera cómo funcionaba... por lo contrario de hacerlo manual”.

**Figura 18**

*Respuesta de los Estudiantes en Plataforma Virtual*



*Nota.* Respuesta de los estudiantes de modalidad de robótica de grado 11-5 de la pregunta ¿Qué diferencias hallaste entre memorizar una fórmula física y estabilizar el fenómeno con tus propias manos? ,Registro descargado a través de la página mentimeter, (2026).

Este contraste evidencia que la memorización descontextualizada sitúa al estudiante en un rol pasivo y memorístico limitado a “a números y letras” por el contrario, la estabilización del circuito *slayer exciter* permite a los jóvenes a sintonizar la inductancia del devanado y las variables electrodinámicas del entorno, transformando el error procedimental en un motor para la construcción de significados reales.

**El componente axiológico y el proceso de co-evaluación/ autoevaluación** En el marco del diseño metodológico, la dimensión axiológica (equivalente al 20% de la valoración definitiva de la asignatura de física, no se limitó a una asignación unidireccional por parte del docente y director del curso Alberto Vera Tapias.

Por el contrario, se concibió como un espacio de reflexión crítica sobre el trabajo colaborativo, la responsabilidad científica, la seguridad en la manipulación del prototipo de la bobina de Tesla y el interés por la comprensión de los fenómenos electromagnéticos. Para dotar de validez ese proceso, los registros físicos de coevaluación y autoevaluación reportados por los estudiantes se constataron directamente con la rúbrica analítica diseñada para el proyecto, permitiendo identificar el nivel de autorregulación y cohesión de cada equipo de trabajo del grado 11 - 5.

**contrastación y caracterización de resultados por equipos de trabajo.** A partir del cruce de información entre los reportes de campo (coevaluación/ autoevaluación) y la planilla auxiliar de control del docente Alberto Vera Tapias, se consolidó la siguiente caracterización del componente axiológico:

**Tabla 3**

*Caracterización Axiológica y Resultados del Equipo de Trabajo.*

| <b>EQUIPO</b>                  | <b>DINÁMICA AXIOLÓGICA E INTERPRETACIÓN METODOLÓGICA</b>                                                                                                                                           |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>EQUIPO SOPORTE</b>          | Cultura de apoyo mutuo. El contraste revela que la valoración colectiva inicial (3.8 - 4.0) se ajustó individualmente al alza según la entrega de reportes y la manipulación de variables físicas. |
| <b>EQUIPO(DES TACADO</b>       | Madurez axiológica. Existe plena coincidencia entre la coevaluación y la planilla definitiva. Refleja un alto compromiso con el orden y la seguridad en la manipulación de alta frecuencia.        |
| <b>EQUIPO(AU TOEVALUA CIÓN</b> | Autorregulación y metacognición. El ejercicio de autoevaluación se alineó con la rúbrica docente. Demuestra honestidad crítica y liderazgo activo en el desarrollo del circuito.                   |
| <b>EQUIPO EQUITATIVO</b>       | Consenso plano. La valoración de 4.0 fue refrendada unánimemente por el docente, lo que metodológicamente indica una distribución equitativa del esfuerzo y cargas de trabajo en el laboratorio.   |
| <b>EQUIPO HOMOGÉNEO</b>        | Ajuste analítico por seguimiento. El docente realizó ponderaciones basadas en el desempeño diario. El equipo mantuvo un estándar medio-alto .                                                      |

|                        |                                                                                                                                                                                    |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>EQUIPO SINERGIA</b> | Cohesión absoluta. Se asignaron de forma unánime 3.8. El docente ratificó la nota, validando la percepción de los estudiantes como pares simétricos de trabajo.                    |
| <b>EQUIPO CRÍTICO</b>  | Evaluación diferencial. El grupo evitó el facilismo evaluativo y ponderó el compromiso real individual. La rúbrica respaldó el liderazgo de unos y el llamado de atención de otros |

*Nota.* valoraciones consolidadas a partir del cruce de soporte de coevaluación y autoevaluación con la planilla de control docente. Elaboración por el docente investigador (2026).

### **Síntesis cualitativa de las tendencias axiológicas del grupo**

En un panorama general, los datos consolidados en la caracterización de los equipos revelan una marcada tendencia hacia la madurez arqueológica y la autorregulación colectiva dentro del laboratorio de robótica. Se observa que los procesos de co-evaluación y autoevaluación no se redujeron a una asignación homogénea o complaciente de calificaciones, sino que funcionaron como espacio de discriminación crítica donde los estudiantes ponderaron el nivel de compromiso individual, el respeto por las normas de seguridad en alta frecuencia y la distribución equitativa de las cargas de trabajo (Cómo se evidencia de forma explícita en la dinámicas procedimentales de los equipos 2,3 y 7) . Así mismo, el seguimiento docente permitió ajustar analíticamente las valoraciones basándose en el desempeño diario y en la entrega oportuna de reportes escritos, validando una simetría de criterios entre la percepción de los estudiantes como pares colaboradores y la matriz cualitativa. Esta cohesión axiológica operó como un reporte actitudinal fundamental, sugiriendo que la estabilización de los fenómenos electromagnéticos complejos no solo requiere de destrezas operativas o analíticas, sino de una cultura de apoyo mutuo y responsabilidad compartida en el espacio de experimentación.

## **6.3 Discusión de resultados**

### **6.3.1 Discusión de los hallazgos de la sección 6.1: recopilación de los resultados de las preguntas diagnósticas por categorías conceptuales**

Luego de haber analizado cualitativamente los resultados de la fase diagnóstica, es posible evidenciar un hallazgo inicial que permite establecer un diálogo directo con las investigaciones fundamentales de Furio y Guisasola (1997). Estos autores señalan que la enseñanza tradicional y a crítica de electromagnetismo hereda un sesgo acumulativo y lineal de la física, bajo el cual se suele esquivar la transición explicativa entre el modelo de la acción a distancia newtoniana (fuerzas de contacto o atracción eléctrica directa) y el paradigma clásico de interacción mediada por Campos. Al omitirse este quiebre epistemológico histórico en el aula, los estudiantes carecen de un modelo basado en la propagación de perturbaciones electromagnéticas auto-sostenida en el espacio libre, lo que propicia la persistencia de explicaciones de carácter estrictamente material o corpuscular.

Esta dificultad conceptual se refleja de manera categórica en la respuesta del equipo 5 al proponer un arquetipo Materialista donde las ondas son definidas como “partículas eléctricas que requieren obligatoriamente de materia para desplazarse por el espacio”. Desde un Horizonte constructivista, estas concepciones alternativas no constituyen simples vacíos o ausencias de información escolar, sino estructuras cognitivas e interpretaciones intuitivas y funcionales a través de las cuales los alumnos de undécimo grado otorgan un sentido inicial a su entorno digital inmediato.

Por su parte, la categoría B registró un reconocimiento empírico de base en la vida cotidiana de los jóvenes del grado 11-5, quienes asociaron correctamente la presencia de ondas al wifi, el bluetooth o a la luz solar. No obstante, la persistencia de un margen de error conceptual en subgrupos de los equipos 2, 8, 5 quienes calificaron el “tomacorriente” como una manifestación directa de ondas electromagnéticas - expone un obstáculo onto (Los con la material flujo de carga guiada en conductores metálicos) con los procesos de radiación y propagación libre de ondas en el espacio.

en los términos instruccionales de Jerome Bruner (1986), esta confusión representa la necesidad imperiosa de guiar el tránsito conectivo desde una representación mental puramente icónica o de familiaridad utilitaria de la tecnología propia de “nativos digitales” que usan la instrumentación pero no comprenden la ontología física que la rige hacia una estructura de pensamiento simbólica y formalizada.

en la categoría C, los arquetipos sobre propagación inalámbrica (Cómo viaja la señal) sacaron a relucir una conceptualización en estado de transición. Aunque se valoran conocimientos previos valiosos sobre las bandas del espectro (como la mención al infrarrojo en el control de breiner morantes), explicaciones como las de parrado (“el celular emite frecuencia eléctrica y el otro celular recibe esa frecuencia señal como una onda que se propaga”) demuestran una hibridación conceptual al confusa entre lo eléctrico conducido y lo ondulatorio radiado, desprovista de un andamiaje formal que vincula la interacción entre Campos oscilantes.

El núcleo diferenciador emergió en la categoría D, donde los alumnos debieron distinguir entre electricidad y onda. aquí, la sólida intuición espontánea de los estudiantes al validar que “la electricidad se mueve por materiales conductores y las ondas electromagnéticas no” (equipo 5) Describe una zona propicia de desarrollo para la posterior secuencia experimental. no obstante, la interdependencia enunciada por el integrante del equipo 3 (“la onda transporta energía y la electricidad hace posible que funcione”) ratificó que inicialmente no se concebía la onda como una entidad auto-sostenida de Campos acoplados, validando la tesis de Furió y Guisasola Sobre las deficiencias derivadas de un verbalismo escolar tradicional que divorcia las ecuaciones de las realidades físicas de su contexto.

### **6.3.2 Discusión de los hallazgos de la sección 6.2: desarrollo de las sesiones de intervención experimental**

La operacionalización de la secuencia de ética se estructuró sobre la base del diagnóstico previo, con el propósito de desestabilización de estos sesgos materialistas e instrumentales a través de una progresión de actividades de laboratorio.

En la primera sesión, mediante la construcción activa y la manipulación del cohesor mecánico, se propició una aproximación conceptual en sintonía con la filosofía de la experimentación de Ian Hacking (1969). los estudiantes de robótica no se limitaron a contemplar representaciones abstractas de tablero (Concepción que Hacking critica como un enfoque pasivo de la ciencia); por el contrario, adoptaron una postura interventora directa. Al actuar con un chispero eléctrico a distancia y presenciar en tiempo real como la limadura metálica dentro del tubo se alinearon físicamente para cerrar el circuito y encender un diodo Led, los jóvenes lograron crear, manipular y estabilizar un fenómeno físico autónomo. El hecho de que un golpe mecánico desordenara el cohesor y apagar el circuito demostró la autonomía táctica de la radiación electromagnética respecto a un contacto material directo, favoreciendo un avance en la comprensión del papel del campo electromagnético como una entidad física real que media la interacción a través del espacio libre.

En la segunda sesión, centrada en la inducción magnética con bobinas de derivación Central (12 + 12 vueltas), el diseño didáctico materializó el núcleo del constructivismo cognitivo de Bruner. Al enrollar manualmente el cobre, lijar los extremos para remover el esmalte y soldar los transistores 2n 22 22, el estudiante partió del modo de representación manipulativa directa (en activa). Cuando los alumnos experimentaron que el mantener las bobinas estáticas el led receptor permanecía apagado, y que únicamente la variación dinámica del flujo magnético producía la transferencia inalámbrica, tradujeron la experiencia física en un modo de representación escrita Fichas pedagógicas.

esta progresión de Bruner (acción, pensamiento y lenguaje) se consolidó metodológicamente en la sesión de retroalimentación, donde dinámicas guías como el juego de los “detectives del campo” animaron a los jóvenes a confrontar sus errores procedimentales y semánticos, refinando el uso de lenguaje científico formal para verbalizar con precisión el comportamiento de las variables que interactúan en la inducción. El surgimiento de un lenguaje híbrido registrado en sus fichas escritas (“conduciendo la energía a la otra bobina”) valía la perspectiva constructivista de Mortimer sobre la coexistencia de zonas en el perfil conceptual:

Los estudiantes emplean términos científicos formalizados, pero arrastran estructuras sintácticas de la conducción material en sus explicaciones en transición.

Finalmente, la tercera sesión, consagra al montaje de la mini bobina de Tesla electrónica de estado sólido basada en el circuito oscilante slayer exciter, marcó el apogeo cognitivo de la intervención. La aproximación de gases nobles o bombillos de neón y su consecuente ionización inalámbrica en el espacio circulante sirvió como un intermediario empírico que tensionó los esquemas corpusculares detectados en la fase diagnóstica inicial, los axiomas de la fase de consolidación fenoménica recopilados en la plataforma digital Mentimeter (“Lo invisible se hace visible Cuando descubrimos cómo actúa la energía sin necesidad de cable”) evidencian una evolución en los perfiles explicativos de los estudiantes, Orientándose hacia la caracterización formal de la propagación de ondas y Campos variables de alta frecuencia.

La discusión en torno a la pregunta metacognitiva sobre la diferencia entre memorizar una fórmula o estabilizar físicamente el circuito de alta frecuencia sirvió para contrastar de forma decisiva las metodologías tradicionales cuestionadas por Furio y Guisasola. Mientras los autores señalan que la memorización algorítmica habitual reduce la física a formalismos vacíos de “números y letras”, los estudiantes verbalizan con Claridad que memorizar una fórmula no significa comprender su funcionamiento (integrante del equipo 2). y que estabilizar el fenómeno requiere entender de forma práctica el comportamiento de las variables que interactúan en él (integrante del equipo 7), tales como sintonizar la inductancia del devanado y la capacitancia parásita del entorno mediante la modificación analítica manual (integrante del equipo 2, integrante del equipo 3).

De este modo, en sintonía con el realismo experimental de Ian Hacking, al intervenir materialmente sobre el circuito, el campo electromagnético se despojó de su carácter puramente abstracto para adquirir validez fenoménica y observable en el entorno del laboratorio. La calibración manual y la interacción dialógica guiada se construyeron en dinamizadores conceptuales que atenuaron la brecha entre el uso utilitario de la tecnología inalámbrica y la teorización física en el contexto del aula. Ese tránsito metodológico favoreció que los estudiantes estructuraran un perfil conceptual más complejo y cercano a los modelos clásicos de

campo de la física, coexistiendo de manera reflexiva con sus instituciones pragmáticas cotidianas.

### **6.3.3 Limitaciones de la investigación**

La investigación reconoció de manera explícita tus propias limitaciones y condiciones particulares de ejecución, asumiendo que la delimitación de las fronteras del estudio no restó validez a los hallazgos, sino que dotó de rigor metodológico y de un sentido de realidad a la interpretación cualitativa de los resultados. En primer lugar la ejecución de la propuesta pedagógica estuvo supeditada a un marco de tiempo institucional limitado, el cual debió ajustarse rigurosamente al calendario académico escolar y las dinámicas propias de la gestión curricular del plantel. Esta variable temporal condicionó la duración de las fases de experimentación activa en el aula y de la manipulación de los dispositivos contruidos. Finalmente, el funcionamiento técnico y la operación de la mini bobina de Tesla de Estado sólido exigieron el cumplimiento estricto de protocolos de seguridad experimental en el aula de física. debido al manejo y manipulación de herramientas termoeléctricas. Esta circunstancia llevó a mantener un monitoreo docente meticuloso y constante que redujo los tiempos de interacción directa y libre por parte de los estudiantes con los aparatos, limitando deliberadamente las Fases de exploración abierta en favor de la integridad física de los jóvenes.

En segundo lugar, se identificó como una delimitación de alcance el hecho de que la intervención didáctica se desarrolló De manera exclusiva con un grupo específico de 32 estudiantes pertenecientes al grado undécimo, particularmente del curso 11-5 de la modalidad de media técnica de robótica del instituto educativo departamental Luis Carlos galán Sarmiento, en la ciudad de villavicencio, Meta. al circunscribirse a este colectivo de 32 alumnos y a su contexto institucional particular, el análisis no persiguió la extrapolación probabilística ni la generalización estadística de los datos a otras poblaciones escolares, sino la comprensión profunda, situada e interpretativa de la evolución de las concepciones de este grupo humano frente a la fenomenología de electromagnetismo.

A pesar de estas condiciones de borde, se constató que la transparencia metodológica al reconocer tales límites consolidó la honestidad intelectual del proceso y delimitó con absoluta

claridad el alcance real de las transformaciones cualitativas reportadas en los esquemas conceptuales y argumentativos de los educandos.

## **CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y REFLEXIONES**

La presente investigación evaluó la influencia de una propuesta didáctica experimental articulada alrededor de la bobina de Tesla, el cohesor mecánico y los embobinados artesanales, en la asimilación conceptual del electromagnetismo en estudiantes de educación media de la especialidad de robótica en el colegio Luis Carlos galán Sarmiento de Villavicencio. al responder directamente a la pregunta de investigación, se concluye que la propuesta influye de manera determinante en la evaluación del perfil conceptual de los alumnos, propiciando el tránsito desde esquema mecanicistas e intuitivos hacia modelos formales de interacción mediada por Campos y ondas electromagnéticas auto- sostenidas, en el espacio.

En primer lugar, la caracterización inicial reveló que los estudiantes, pese a su constante interacción con tecnologías inalámbricas como “nativos digitales”, albergan serios obstáculos ontológicos y epistemológicos. las concepciones previas identificadas mostraban una tendencia a reducir las ondas a fuerzas electrostáticas/magnéticas de atracción y repulsión, o a definirlas como partículas materiales que requerían obligatoriamente de un sustrato denso para desplazarse a sí mismo, persistían explicaciones basadas en transferencias de energía cinética macroscópica o la confusión entre la corriente eléctrica conducida por un cable y la radiación electromagnética libre en el espacio.

Frente a esta problemática, la implementación de la secuencia didáctica estructurada en tres fases jerárquicas - detección con cohesor, inducción magnética por variación de flujo y transmisión resonante mediante la bobina de Tesla- actuó como un factor de desestabilización empírica de dichas ideas alternativas. La manipulación instrumental directa demostró que la asimilación conceptual no ocurre por la mera transmisión verbal definiciones algebraicas, sino mediante la estabilización práctica de los fenómenos en el laboratorio.

Al aplicar epistemología experimental de Ian Hacking, se evidenció que la actividad práctica posee autonomía relativa en el aula: los estudiantes dejaron de ser espectadores pasivos para convertirse en agentes de intervención. El encendido del LED al accionar el chispero en la sesión del profesor demostró empíricamente la autonomía de la radiación Sin contacto material; la presencia de corriente inducida únicamente ante la variación temporal del flujo magnético en la sesión de bobinas evidenció el principio de la ley de Faraday; y la ionización inalámbrica de gases nobles ante la bobina de Tesla hizo visible la presencia de Campos eléctricos alternos de alta frecuencia en el espacio circulante.

Desde la fundamentación pedagógica de Jerome Bruner, la secuencia facilitó de forma sistemática el recorrido por la tríada cognitiva de acción, pensamiento y lenguaje. La manipulación física de los circuitos y devanados (fase activa) sirvió de anclaje para reflexión y organización de los datos empíricos (fase icónica/ pensamiento). Posteriormente, a través de las dinámicas de coevaluación, calificación y debates guiados, los estudiantes reconfiguraron su discurso (fase simbólica/ lenguaje). Aunque durante el proceso emergió un lenguaje híbrido donde existía en términos formales con estructuras de la conducción óhmica (por ejemplo, expresar que el campo “conduce la energía”), la confrontación dialógica permitió reemplazar explicaciones antropomórficas y mecanicistas por conceptos rigurosos como la independencia del medio material, la modulación de frecuencia y la interacción de Campos acoplados.

Asimismo el estudio demostró que la transición desde el uso instrumental pasivo de la tecnología hacia la comprensión científica real se potencia al articular la ingeniería didáctica adaptada con el perfil de los participantes. El uso en paralelo De kit's de baja potencia para la experimentación Autónoma por subgrupos y un equipo docente de mayor alcance permitió optimizar la memoria de trabajo, garantizando la seguridad en el manejo de alta frecuencia y transformando el error de montaje en un motor de autorregulación metacognitivo.

En el ámbito axiológico, el proceso evidenció una destacada madurez colectiva y autorregulación en el trabajo colaborativo. La coevaluación y la autoevolución superaron la asignación complaciente de calificaciones para convertirse en espacios de análisis crítico sobre la responsabilidad en el laboratorio, La seguridad experimental y la honestidad intelectual frente a los hallazgos empíricos.

Finalmente, esta investigación cobra un significado pedagógico y humano profundo al vincular la historia de vida del investigador con el aula de clase. Retomar a la institución educativa donde nació la vocación por la física y donde un prototipo escolar inicial sobre la línea de Tesla enfrentó fallas y aciertos, permitió transformar la vivencia de error en una lección epistemológica sobre la perseverancia en la ciencia. La propuesta didáctica no solo logró que los estudiantes del grado 11-5 otorgarán inteligibilidad a las señales electromagnéticas invisibles, sino que revalorizó el laboratorio de física como un espacio vivo de co-construcción, donde la pasión por el conocimiento se convierte en un legado compartido capaz de inspirar nuevas vocaciones científicas y docentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Ballesteros Romero, F. N. (2023).** *Diseño de estrategias didácticas para la enseñanza de fenómenos eléctricos y magnéticos, desde un marco histórico y epistemológico para generar un aprendizaje significativo* (Trabajo final de maestría). Repositorio Digital UNAL, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

**Bruner, J. (1986).** *Acción, pensamiento y lenguaje* (T. del Amo, Trad.). Alianza Editorial.

**Cabanillas Mendoza, C., Torres Ercolani, S. E., & Provasi, P. F. (2016).** Mini-bobina de Tesla para el proceso de enseñanza-aprendizaje y/o la demostración en el aula. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 3, 21-26.

**Díaz Cedeño, S. (2023).** *Implementación de un diseño experimental para la enseñanza y el aprendizaje de los movimientos rectilíneo uniforme y variado* (Trabajo de grado de Licenciatura en Física). Repositorio Institucional Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia.

**Fernández, F., & Alkorta, I. (2014).** *El Aprendizaje Basado en Problemas: una propuesta metodológica activa para la educación científica*. Universidad del País Vasco.

**Furió, C., & Guisasola, J. (1997).** Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 259-271.

**González Pérez, Y. E. (2023).** *Un mundo rodeado por ondas: una secuencia experimental para la comprensión del proceso de emisión y recepción de ondas hertzianas* (Trabajo de grado de Licenciatura en Física). Repositorio Institucional UPN, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

**Hacking, I. (1996).** *Representar e intervenir: Temas introductorios en la filosofía de la ciencia natural* (S. Martínez, Trad.). Paidós. (Trabajo original publicado en 1983) .

**Hernández Cepeda, N. A., & Palacio Rangel, J. L. (2016).** ¡El electromagnetismo tiene vida en forma de bobina! Narrativa sobre la construcción de la bobina de Tesla. *Preimpresos Estudiantes*, (8), Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

**Lozada, J. (2022).** Interrelaciones entre pensamiento, lenguaje y experiencia en el aula constructivista. *Revista de Educación y Pedagogía*, 14(2), 77-89.

**Martínez Villarreal, L. D., & Zapata Jaimes, V. A. (2024).** Teoría de aprendizaje por descubrimiento de Jerome Bruner, en el proceso de formación científica básica de las ciencias naturales en los estudiantes de segundo grado del Colegio Metropolitano del Sur del Municipio de Floridablanca. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1418-1432 .  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.14186](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14186)

**Miyara, F. (2000).** *Circuitos oscilantes y generación de señales alternas*. Universidad Nacional de Rosario.

**Ortiz, M. V., & Garzón Lombana, E. (2020).** *La recursividad como propuesta de optimización de la memoria de trabajo* (Tesis de maestría). Repositorio Institucional UPN, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

**Pardo, A. (2020).** *Estrategias prácticas y materiales de fácil acceso en la enseñanza de las ciencias* (Trabajo de grado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.

**Pedraza Ahumada, L. L. (2020).** *Una mirada diferente al espacio: ondas de radio mediante observación astronómica* (Trabajo de grado de Licenciatura en Física). Repositorio Institucional UPN, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

**Rivera Monroy, J. (2016).** *El laboratorio experimental situado como eje transformador en física* (Tesis de maestría). Repositorio Digital UNAL, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

**Rojas Martínez, C. C. (2017).** *Construcción e implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza de las ondas mecánicas en el Centro Interactivo Maloka* (Trabajo de grado de Licenciatura en Física). Repositorio Institucional Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

**Ruiz-Macías, E., & Duarte, J. E. (2018).** Diseño de un material didáctico computarizado para la enseñanza de oscilaciones y ondas, a partir del estilo de aprendizaje de los estudiantes.

*Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 8(2), 295–309 .

<https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n2.2018.7966>

**Segura, D. (2015).** Las ondas electromagnéticas en la cultura científica secundaria. *Física y Cultura: Cuadernos sobre Historia y Enseñanza de las Ciencias*, (9), 45-56.

**Velasco, M. (2018).** Ian Hacking y la filosofía de la experimentación. *Revista de Filosofía de la Universidad Nacional de Córdoba*, 9, 515-528.