



Universidad de Valladolid

Facultad de Ciencias

**Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria
y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de idiomas**

Especialidad: Física y Química

Trabajo fin de Máster

**Diseño de una propuesta didáctica basada en la
experimentación para la enseñanza de la Ley de
Inducción de Faraday en secundaria.**

Autora:

Violeta Hurtado García

Tutores:

Carlos Torres Cabrera

José María Muñoz Muñoz

Índice

1	Introducción.....	4
2	Antecedentes y fundamentación teórica.....	6
2.1	Dificultades de la enseñanza del electromagnetismo en secundaria	6
2.2	Necesidad y viabilidad de las prácticas de electromagnetismo en secundaria	8
2.3	Metodologías activas: aprendizaje basado en proyectos.....	9
2.4	Evaluación activa.....	11
3	Propuesta didáctica	12
3.1	Método.....	12
3.1.1	Diseño.....	12
3.1.2	Contenidos y relación con el currículo	15
3.1.3	Objetivos y competencias	18
3.1.4	Evaluación.....	22
3.2	Plan de acción.....	24
3.2.1	Fases.....	24
3.2.2	Cronograma.....	26
4	Desarrollo experimental.....	27
4.1	Introducción.....	27
4.1.1	Objetivos	27
4.2	Encendiendo un LED de manera inalámbrica (I).....	28
4.2.1	Ficha 1: Imán y bobina.....	30
4.3	Micrófono casero	31
4.3.1	Objetivos	31
4.3.2	Ficha 2.....	32
4.4	Altavoz casero.....	32
4.4.1	Objetivos	32
4.4.2	Ficha 3.....	34
4.5	Encendiendo un LED de manera inalámbrica (II).....	34
4.5.1	Objetivos	34
4.5.2	Ficha 4.....	35
5	Dificultades, limitaciones y prospectiva	36
6	Conclusiones	36

7	Agradecimientos	37
8	Bibliografía	37
9	Anexo A. Materiales	39
9.1	Bobina autoproducida.....	39
9.2	Componentes electrónicos	40
9.3	Imanes.....	42
9.4	Polvo magnético.....	44
9.5	Equipo de soldadura e hilo de estaño.....	44
9.6	Galvanómetro.....	46
9.7	Fuente de corriente continua y pila.....	46
10	Anexo B. Guiones.....	48
10.1	Encendiendo un LED de manera inalámbrica (I).....	48
10.2	Micrófono casero	49
10.3	Altavoz casero.....	51
10.4	Encendiendo un LED de manera inalámbrica (II).....	53

1 Introducción

Este trabajo fin de máster estudia la implementación de prácticas experimentales para mejorar la enseñanza de la ley de inducción de Faraday a lo largo de la etapa de educación secundaria.

La enseñanza del electromagnetismo en la educación secundaria se relega, prácticamente en su totalidad al último curso del Bachillerato de Ciencias. Esto determina en gran medida su metodología de enseñanza, a través de clases teóricas y resolución de problemas de examen, sin disponer de tiempo para acudir al laboratorio y realizar prácticas que ilustren las leyes, en un proceso claramente influenciado por el cercanía de las pruebas de acceso a la universidad.

La formulación matemática de la ley de inducción, necesaria para la resolución de problemas en el papel, implica ciertas nociones de cálculo diferencial, lo que justifica su estudio en 2º de Bachillerato, cuando el currículo de matemáticas ya ha abordado esos contenidos. Esto tiene un sentido curricular, pero limita el proceso de enseñanza-aprendizaje a un objetivo muy concreto: la resolución matemática de problemas de inducción.

Sin embargo, la inducción electromagnética (en adelante, IE), es un fenómeno de transferencia de energía ubicuo en nuestra sociedad que puede enseñarse desde su aplicación práctica. Esto implica cambiar el enfoque del proceso de enseñanza-aprendizaje y situar el foco del aprendizaje en conocer **cómo funcionan algunos dispositivos basados en la ley de Faraday**. En este trabajo queremos demostrar que esta aproximación presenta al menos cuatro ventajas frente a la aproximación habitual: permite extender su enseñanza a cursos anteriores a 2º de Bachillerato, incluyendo su docencia en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria (ESO); permite implementar metodologías innovadoras en el aula, como el aprendizaje basado en proyectos; permite desarrollar y evaluar en detalle competencias obligatorias, como son la competencia en ciencia, tecnología e ingeniería, la competencia ciudadana y la competencia personal, social y de aprender a aprender, y permite mejorar la relación afectiva con la asignatura, a través de un aprendizaje semiautónomo y adaptado al perfil del alumno.

En este contexto, el objetivo general de este trabajo es ofrecer una propuesta de mejora de la enseñanza de la ley de Faraday en secundaria a través del desarrollo de instrumentos basados en dicha ley. Los objetivos específicos son, en primer lugar, identificar las principales dificultades que presenta la enseñanza del electromagnetismo en Secundaria, tanto a nivel curricular como metodológico. En segundo lugar, se pretende analizar la viabilidad de la introducción de prácticas experimentales de electromagnetismo en estas etapas educativas, especialmente en lo relativo a la disponibilidad de equipamientos, la realidad formativa del alumnado y las limitaciones curriculares y organizativas de los centros. En tercer lugar, se desarrolla una propuesta experimental a partir de metodologías activas para la enseñanza de la ley de Faraday, para mejorar el rendimiento académico del alumnado y su relación afectiva

con la materia. En cuarto lugar, se proponen estrategias de evaluación activa del proceso de enseñanza-aprendizaje.

2 Antecedentes y fundamentación teórica

2.1 Dificultades de la enseñanza del electromagnetismo en secundaria

El proceso de enseñanza-aprendizaje del electromagnetismo presenta dificultades a varios niveles. En este trabajo hemos agrupado estas dificultades en dos grandes grupos: dificultades a nivel metodológico y dificultades a nivel conceptual. El primer grupo hace referencia a la parte del proceso referida a la enseñanza, siendo sus principales agentes el educador y el sistema educativo; el segundo hace referencia a la parte referida al aprendizaje, e involucra principalmente al alumnado. Sin embargo, como veremos, ambas están relacionadas.

Si nos fijamos en el panorama general de la enseñanza de las ciencias en secundaria, el informe PISA 2022 destaca un estancamiento en los resultados de ciencias desde 2012. El rendimiento medio en España, si bien se mantiene en la media de la OCDE, está notablemente por debajo si atendemos a la proporción de alumnado en niveles de rendimiento alto, colocándose en el puesto 28 de los 44 países participantes (Ministerio de educación, 2022). Por un lado, el rendimiento de los alumnos en ciencias se ha estancado. Por otro, el rendimiento bajo es significativo en España. En tanto que el informe evalúa habilidades tales como el pensamiento sistemático, el pensamiento crítico, la creatividad o la reflexión (Ministerio de educación, 2022), este patrón sugiere una limitada capacidad del alumnado para aplicar conocimientos científicos en contextos que se alejan de las situaciones concretas trabajadas en el aula. Aquí se demuestran tanto las limitaciones conceptuales que posee el alumnado como las limitaciones metodológicas que afronta la enseñanza de las ciencias, pues no producen un aprendizaje a la altura de los estándares actuales.

En concreto, en el área de electromagnetismo se ha demostrado que la enseñanza habitual produce poco aprendizaje en las ideas claves de la teoría científica sobre la IE (Zuza et al., 2012). La metodología habitual produce una asimilación conceptual baja. Varios estudios han investigado los conocimientos del alumnado de 2º de Bachillerato y primeros cursos universitarios. En general, presenta concepciones erróneas persistentes sobre los fenómenos de inducción electromagnética (Inorreta et al., 2021; Zuza et al., 2012). Los estudiantes tienden a no explicar los fenómenos, sino a describirlos superficialmente, utilizando razonamientos intuitivos no compatibles con el modelo científico (Zuza et al., 2012). Es habitual atribuir la inducción a la mera presencia de una corriente o de un campo magnético estacionarios, sin considerar la variación temporal del flujo magnético, a considerar el imán mismo como fuente de corriente o, en menor medida, atribuir la causa de la inducción a un fluido real que impulsa una nueva corriente (Inorreta et al., 2021; Zuza et al., 2012). Tampoco se logra relacionar con éxito los dos fenómenos simétricos que engloba la ley de inducción: la inducción producida por un campo magnético variable y la producida por el movimiento de un conductor en campo magnético estacionario (Almudí et al., 2005).

A nivel conceptual, la asimilación de la IE presenta dificultades relacionadas con su naturaleza física (Hon & Goldstein, 2020). Almudí et al. señalan que se necesitan una serie de prerrequisitos para una adecuada comprensión de la teoría de la IE, organizados en dos grupos. Por un lado, el artículo citado señala que se necesita conocer:

1. La definición del campo eléctrico. El campo eléctrico se sabe medir a través de líneas de campo y se sabe calcular la fuerza que ejerce sobre cargas eléctricas.
2. La definición del campo magnético. Éste se sabe medir a través de líneas de campo y se sabe calcular la fuerza que ejerce sobre cargas en movimiento.
3. La fuerza de Lorentz ejercida por campos magnéticos y eléctricos sobre cargas en movimiento.

Por otro, señalan la necesidad de que los estudiantes estén familiarizados con algunos fenómenos experimentales de la IE, en tres niveles:

1. Se conocen experiencias de IE en un circuito que se mueve en el seno de un campo magnético estacionario.
2. Se conocen experiencias en que un campo magnético variable induce corriente en un circuito.
3. Se conocen experiencias de IE producidas por la combinación de los fenómenos anteriores.

La IE es contradictoria con el esquema conceptual del alumnado de secundaria: encender una bombilla sin estar conectada a la fuente de alimentación no es compatible con sus conocimientos previos. Si la enseñanza del fenómeno de la IE no va acompañada de experiencias donde el alumnado observa la realidad del fenómeno y la enfrenta a su esquema conceptual, la tendencia es a incluir este fenómeno de manera acumulativa en el esquema mental que ya posee. Esto explica los errores habituales observados, como atribuir al imán la función de fuente de alimentación, con la consecuente necesidad de conectar la espira al imán (Inorreta et al., 2021).

A nivel metodológico, la realidad curricular actual no contempla al desarrollo de estos requisitos. Como hemos señalado en la introducción, la enseñanza del electromagnetismo y la IE en secundaria está muy limitada por las necesidades del curso en que se imparte, 2º de bachillerato. Las premisas del curso dificultan desarrollar enfoques alternativos. La escasa presencia de contenidos relacionados con el electromagnetismo en los cursos inferiores a bachillerato no contribuye a solucionar estas deficiencias.

En este trabajo se desarrolla una propuesta didáctica que busca implementar, en cursos anteriores a bachillerato, el segundo grupo de prerrequisitos que Almudí et. al. señalan como necesarios para una buena comprensión de la IE. Se apuesta por la introducción de prácticas experimentales accesibles, el uso de metodologías como el aprendizaje basado en proyectos y la evaluación activa. Con esta propuesta se busca favorecer la reconstrucción del conocimiento en cursos posteriores en base a experiencias significativas previas, así como contribuir al desarrollo competencial del alumnado en secundaria.

2.2 Necesidad y viabilidad de las prácticas de electromagnetismo en secundaria

Educar en una cultura científica que permita no ya desarrollar la ciencia, sino comprender ciertos fundamentos científicos sobre los que funciona nuestra sociedad, requiere educar en la experimentación. La experimentación puede constituir un primer contacto con el fenómeno a estudiar, y servir de base para pasar un mayor nivel de abstracción matemática (Hon & Goldstein, 2020). En la historia del electromagnetismo la experimentación cobra un papel especial, que puede servir de inspiración de cara a su enseñanza. Los experimentos y el análisis que realizó Faraday a través de líneas de fuerza fueron fundamentales para el posterior desarrollo conceptual y la matematización de la teoría electromagnética moderna por parte de Maxwell y Heaviside (Hon & Goldstein, 2020).

La práctica educativa cotidiana continúa estando demasiado centrada en la transmisión de contenidos teóricos, relegando el componente experimental a un papel secundario (Bravo et al., 2019). Sin embargo, la investigación en didáctica de las ciencias experimentales demuestra una mayor eficacia del aprendizaje de las ciencias cuando se basa en la indagación, recuperando el laboratorio escolar como espacio de descubrimiento y reflexión (Hodson, 1997). Otros estudios subrayan que para aprender ciencias es imprescindible aprender a pensar científicamente, lo cual solo se logra si el alumnado participa activamente en procesos de investigación y resolución de problemas (Daniel Gil et al., 1991).

Uno de los retos en la enseñanza del electromagnetismo es introducir conceptos abstractos como el de campo, flujo y variación de flujo magnético de forma comprensible y significativa para el alumnado. Ambos son conceptos clave en la formulación cuantitativa de la Ley de Faraday. Sin embargo, no se observan de manera cotidiana: requieren de una aproximación experimental que permita al estudiante visualizar sus efectos. En este trabajo se proponen prácticas cuyo objetivo es la construcción de instrumentos basados en la Ley de Faraday, en grado creciente de dificultad, de manera que permitan observar las diferente fenomenología de la ley y algunas aplicaciones prácticas.

La dificultad de realizar un programa de prácticas ambicioso en los cursos de secundaria es palpable, sobre todo en bachillerato. En las asignaturas de Física y Química de los diferentes cursos de la ESO las prácticas suelen utilizarse como un recurso puntual. Sin embargo, en 4º de la ESO se ha creado una optativa para el estudio experimental de las Ciencias (Laboratorio de Ciencias), dedicada íntegramente al desarrollo de programas experimentales. La asignatura de Tecnología de 4º de la ESO también presenta características compatibles con esta propuesta. La propuesta didáctica de este trabajo está dirigida a aprovechar la asignatura del Laboratorio de Ciencias y Tecnología de 4º de la ESO para el desarrollo de la propuesta didáctica. En el apartado 3.1.2 Contenidos y relación con el currículum se estudiará la relación curricular y competencial de la propuesta.

2.3 Metodologías activas: aprendizaje basado en proyectos

La metodología principal en la que se basa esta propuesta didáctica es el desarrollo de proyectos como método de aprendizaje activo, es decir, en el aprendizaje basado en proyectos (ABP). En las últimas décadas el ABP ha demostrado ser una metodología funcional para integrar los aspectos conceptuales y competenciales del currículo de ciencias (Domènech-Casal et al., 2019). El ABP implica la realización de actividades con un grado de complejidad mayor que las habituales, de manera que permiten a los estudiantes explorar temas relevantes, plantear hipótesis, diseñar experimentos, interpretar resultados y comunicar conclusiones (Pozo & Gómez Crespo M.A., 1997).

El aprendizaje basado en proyectos (ABP) no solo favorece la adquisición de competencias científicas, sino que funciona como una herramienta eficaz para atender a la diversidad en el aula (Tapia et al., 2025). Esta metodología permite diseñar experiencias de aprendizaje que responden a los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), al ofrecer múltiples formas de implicación, representación y expresión (Daza-Navarro et al., 2020). Al trabajar por proyectos los alumnos pueden abordar las tareas desde diferentes niveles de competencia y estilos cognitivos, asumiendo roles diferenciados que se ajustan a sus intereses y capacidades (Pearlman & Thomas, 2000). Esta flexibilidad permite generar entornos de aprendizaje inclusivos, donde se valora la aportación de cada estudiante y se promueve la cooperación. Además, el carácter aplicado y contextualizado de los proyectos favorece una mayor motivación del alumnado, especialmente de aquel que no se siente identificado con metodologías más tradicionales, contribuyendo así a la equidad y a la mejora del rendimiento general. En cuanto a la enseñanza de Física en secundaria, se ha demostrado como una herramienta efectiva en diversas experiencias en el aula (Deleg-Sari & Fajardo-Tinizhañay, 2023).

El esquema típico del ABP consta de seis fases, que se seguirán a lo largo de esta propuesta. En la Tabla 1 se detallan las fases y el contenido general de cada una de ellas.

Tabla 1: fases del proyecto.

Fase	Descripción
1. Contextualización y planteamiento del reto.	Presentación y motivación del proyecto a cargo del profesor. Demostraciones prácticas y preguntas que reten al alumnado.
2. Planificación del proyecto	Se formarán los grupos, se repartirán los roles dentro de ellos, se definirán las

	actividades, los productos intermedios y finales y se calendarizará el trabajo.
3. Investigación y desarrollo.	Será la fase más amplia del proyecto. Se investigará el funcionamiento de los dispositivos, los materiales necesarios, se producirán los dispositivos y el material complementario (test, actividades).
4. Culminación del proyecto final.	Preparación de las presentaciones y del material audiovisual. Ensayo en clase.
5. Presentación y difusión.	Presentación del proyecto a los alumnos de 2º de bachillerato.
6. Evaluación y reflexión.	Autoevaluación, coevaluación y propuestas de mejora.

Para la gestión del proyecto, en el marco del desarrollo del Trabajo Fin de Máster y para probar sus funcionalidades, se ha probado por generar un espacio virtual con los materiales necesarios para su desarrollo mediante la aplicación Wakelet¹, una plataforma online con un diseño sencillo para centralizar y gestionar materiales de proyectos. Sin embargo, este no es el único software que se puede utilizar para la gestión de este tipo de propuestas, ni se propone su uso obligatorio para los estudiantes. Tiene la ventaja de que está bien diseñada para organizar y editar la información por parte de varios usuarios. Tiene la desventaja de que no es de libre acceso, hay que registrarse, al menos como invitado (sin introducir datos personales por el usuario) para su uso. En este trabajo se ha utilizado para organizar el material y familiarizarse con ella. Para su uso en el aula, se propone como una herramienta más, pero cuidándose de garantizar que todo el material esté disponible en físico y en el resto de las plataformas habituales. También se propone el uso de otros recursos digitales:

- **PhET Simulations (Universidad de Colorado):** para visualizar el fenómeno de la inducción electromagnética a partir de simulaciones en el ordenador.
- **Audacity:** se utilizará para registrar las señales eléctricas inducidas en una de las prácticas.
- **Google Drive / Docs / Presentaciones:** para elaboración colaborativa de documentos y presentaciones.
- **Power point / Canva / Genially:** como apoyo para crear presentaciones y vídeos.
- **ChatGPT:** se tratará de educar en su uso táctico, para resolver dudas puntuales previamente pensadas y bien planteadas. Se plantean los siguientes criterios para su uso en el aula:
 - Se tratará de que las preguntas las planteen siempre primero al docente.

¹ <https://wakelet.com/>

- Si deciden usarlo, se tratará de que sea para resolver problemas concretos que no pueda realizar el docente o una búsqueda en internet más simple. Se tratará de hacer un uso guiado por el profesor.

En esta propuesta se quiere fomentar el uso de herramientas digitales con diferentes funcionalidades, para que el alumnado desarrolle competencias digitales básicas.

2.4 Evaluación activa

A lo largo del proyecto se proponen diversas estrategias de evaluación activa: pre-test y post-test, autoevaluaciones y coevaluaciones, listas de cotejo, rúbricas y presentaciones públicas basadas en la simulación de una situación real. Esta última estrategia se caracteriza por la preparación de intervenciones que emulan una situación realista dentro del ámbito educativo y profesional. En este caso, la propuesta es que el alumnado de 4º de la ESO adopte el rol de experto que presenta sus desarrollos a una audiencia cercana a la materia. La audiencia estaría formada por el alumnado de 2º de bachillerato de Física, de manera que se pueda dar una retroalimentación entre los conocimientos teóricos de los alumnos de bachillerato y los conocimientos adquiridos por los alumnos de 4º. Varios trabajos han demostrado como las estrategias de evaluación activa permiten al alumnado tomar conciencia de su progreso, identificar dificultades y desarrollar su capacidad de autoevaluación (Huber G. L., 2017).

3 Propuesta didáctica

3.1 Método

3.1.1 Diseño

La propuesta didáctica se basa en el desarrollo de proyectos por grupos, centrados en el desarrollo de dispositivos basados en la ley de inducción de Faraday. Uno de los pilares de la propuesta es priorizar que los alumnos tengan un papel protagonista a lo largo de todo el proceso. Para ello, la toma de decisiones a cerca de la organización, asignación de roles, prácticas a realizar, recursos a utilizar, espacios en los que presentar los resultados, etcétera, serán en última instancia decisión de los alumnos organizados en grupos, partiendo de la propuesta concreta del profesor como base. En este trabajo se diseña y presenta una propuesta sobre la que trabajar, que pretende dar dirección y servir de base al proceso de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, de cara a su aplicación práctica, la propuesta estaría abierta a modificaciones, aportaciones y desarrollos por parte de los docentes que la utilicen.

Dado que el contenido conceptual es nuevo para el alumnado, la propuesta se basa en el desarrollo de prácticas que ilustren los conceptos básicos y que los apliquen de manera directa y con la menor complejidad instrumental posible. Las práctica en las que se basa esta propuesta son el desarrollo de cuatro dispositivos, a mayores de una práctica inicial introductoria (práctica 0). En la tabla 2 se recoge la práctica, el fundamento teórico que ilustra y un breve resumen del contenido experimental.

Tabla 2: prácticas básicas de la propuesta didáctica.

Práctica	Conceptos	Actividad
0.Visualizando el campo magnético.	El campo magnético como región del espacio donde actúa una fuerza sobre partículas magnéticas y sobre cargas en movimiento. Variación temporal del campo magnético.	Introducción al proyecto por parte del profesor. Demostración práctica con polvo magnético de la acción de un campo magnético, y de su variación en el tiempo. Demostración práctica de la acción de un campo magnético sobre una corriente, con un motor eléctrico simple. Construcción de motores

		por parte del alumnado (pila-imán-hilo conductor).
1.Encendiendo un LED de manera inalámbrica (I)	Inducción de una corriente en una bobina por el movimiento relativo entre el imán y la bobina. Detección de la corriente con galvanómetro y con LED.	Construcción de bobinas y reciclaje de bobinas de electrodomésticos. Comprobación de la ley de IE mediante galvanómetro y LED.
2.Micrófono casero.	Inducción de una corriente en una bobina por el movimiento relativo entre el imán y la bobina. Aplicación práctica 1: conversión de energía mecánica en eléctrica.	Construcción de un micrófono dinámico.
3.Altavoz casero.	Mecanismo inverso al del micrófono. Aplicación práctica 2: conversión de energía eléctrica en energía mecánica.	Construcción de un altavoz simple.
4. Encendiendo un LED de manera inalámbrica (II)	Inducción mutua entre dos bobinas. Generación de un campo magnético variable a partir de una corriente alterna.	Construcción de un circuito oscilante y de un circuito bobina-LED para encender el LED de manera inalámbrica.

Para la gestión del proyecto, como se ha comentado, se propone el uso de la herramienta Wakelet. Esta plataforma organiza la información por colecciones. Cada colección se organiza por secciones, a las que se añaden ítems, donde se desarrolla el contenido, a base de texto, imágenes y enlaces. Cada colección se puede compartir con permisos de lectura y edición. Se puede acceder como invitado o registrándose, de manera que cuando realizas cambios quedan registrados con tu nombre.

En la tabla 3 se recogen las colecciones que se han elaborado, con el contenido, los permisos de cada una de ellas y el enlace para la consulta del material elaborado. Se puede acceder pinchando sobre las palabras subrayadas o a través del código QR. Hay que recordar que es necesario registrarse como invitado para su acceso. El material está incluido igualmente en el apartado de Anexos.

Tabla 3: organización del proyecto mediante Wakelet. Colecciones, contenido, permisos y enlace.

Colecciones	Contenido	Permisos y enlace
Materiales	Explicación e imágenes de cada uno de los componentes que se van a utilizar. El contenido se incluye en el Anexo A.	Lectura y edición. 
Guiones	Guiones con los objetivos, materiales y pasos a seguir para la construcción de cada dispositivo. El contenido se incluye en el Anexo B.	Lectura y edición. 
Infografías	Esquemas gráficos de las normas del laboratorio y de algunos dispositivos. Se incluyen algunas como ejemplo en el apartado de Desarrollo experimental.	Lectura y edición. 

Cuaderno de laboratorio	Espacio para escribir las notas y observaciones del laboratorio. Cada grupo podrá elegir en qué formato lleva a cabo el seguimiento escrito de las tareas del laboratorio.	Lectura y edición. 
Dispositivos finales	Fotografías, ilustraciones, enlaces a vídeos... de los dispositivos finales.	Lectura y edición. 

3.1.2 Contenidos y relación con el currículo

La propuesta didáctica se articula teniendo en cuenta los contenidos y competencias del actual marco curricular de la educación secundaria en Castilla y León.

Primero se ha estudiado las asignaturas por curso donde es realista insertar una propuesta de prácticas experimentales de electromagnetismo en secundaria. En los primeros cursos de la ESO (1º y 2º) no se puede enlazar una propuesta de este tipo con los contenidos curriculares que se imparten en las asignaturas científicas del currículum (Boletín Oficial de Castilla y León, 2022a). En 3º sólo se abordan contenidos de electrostática en la asignatura de Física y Química, pero sí que existen asignaturas técnicas donde están presente la IE: Control y Robótica y Tecnología y Digitalización. En 4º no se contempla la IE como contenido específico de la asignatura de Física y Química, pero sí algunos temas relacionados, como la introducción al espectro electromagnético o la luz como mecanismo de transmisión de energía. En las asignaturas de Laboratorio de Ciencias y Tecnología también se abordan temas relacionados, como el estudio energético de circuitos y la conversión entre distintas formas de energía a energía eléctrica, además de estar basadas en el desarrollo experimental. En 1º de bachillerato se no hay contenidos curriculares, ni en la asignatura de Tecnología e Ingeniería ni en la asignatura de Física y Química, relacionados con la IE (Boletín Oficial de Castilla y León,

2022b). En la tabla 4 se recogen las asignaturas por curso de ESO y bachillerato donde esta propuesta puede encajar como desarrollo y ampliación de los contenidos curriculares obligatorios.

Tabla 4: contenidos relacionados con la inducción electromagnética en secundaria.

Curso académico	Asignatura	Saberes relacionados con la inducción electromagnética
3ºESO	Control y Robótica	Tipos de sensores y actuadores. Circuitos típicos.
3ºESO	Tecnología y Digitalización	Electricidad y electrónica básica para el montaje de esquemas y circuitos físicos o simulados. Interpretación, cálculo, diseño y aplicación en proyectos.
4ºESO	Laboratorio de Ciencias	Comprobación experimental de propiedades de las ondas electromagnéticas. Estudio energético experimental de un circuito eléctrico.
4ºESO	Tecnología	Analizar y describir el funcionamiento y la aplicación de un circuito electrónico y componentes elementales. Conocer la evolución tecnológica a lo largo de la historia.
2º BACH	Tecnología e Ingeniería II	Circuitos de corriente alterna. Triángulo de potencias. Cálculo, montaje o simulación. Máquinas y motores de corriente alterna. Instalaciones eléctricas básicas.
2ºBACH	Física	Flujo magnético. Leyes de Faraday-Henry y Lenz. Fuerza electromotriz. Generación de la fuerza electromotriz: funcionamiento de motores, generadores y transformadores a partir de sistemas donde se produce una variación del flujo magnético.

Se observa como el magnetismo y la IE quedan relegados a 2º de Bachillerato. En cursos anteriores aparece de manera más o menos velada en aplicaciones prácticas (electrónica) y en conceptos generales (energía, ondas). Este trabajo quiere suplir esta carencia desde la enseñanza práctica. Se ha elegido la asignatura de Laboratorio de Ciencias como el contexto educativo donde llevar a cabo la propuesta. Los motivos son dos:

- Es una asignatura dedicada al trabajo experimental. Una propuesta de desarrollo experimental de dispositivos conlleva tiempo y continuidad. Una asignatura dedicada íntegramente a este tipo de trabajo es el contexto educativo óptimo.
- Se desarrolla en el último curso de la ESO. 4º es un curso puente entre la educación básica y la educación superior. Una propuesta basada en ABP y en trabajo práctico puede fomentar la curiosidad científica y motivar al alumnado a continuar con este tipo de estudios.

Una vez contruidos los instrumentos, la propuesta contempla la presentación de los proyectos al alumnado de 2º de bachillerato, con el objetivo de retroalimentar los conocimientos de ambos cursos. Este será un ejercicio de cambio de roles: el alumnado, que ha realizado un proyecto de investigación, expondrá su trabajo como ‘experto’ a el alumnado de la asignatura de Física de 2º de bachillerato. Se puede valorar un público más amplio, con los alumnos de Física y Química o los alumnos de Tecnología de 4º, pero el destinatario sería principalmente el alumnado de 2º.

Si bien la metodología está basada en el aprendizaje a través de la experimentación, hay unos conceptos claros que se quieren transmitir a lo largo de todas las prácticas, de cara a que los alumnos sean capaces de interpretar los fenómenos: el concepto de campo magnético, el concepto de flujo magnético, el concepto de variación de flujo magnético y el concepto de fuerza electromotriz inducida.

- **Campo magnético:** representa la propiedad de la región del espacio donde actúa una fuerza magnética sobre cargas en movimiento. Se demostrará su presencia y acción en la Práctica 0. Pueden ser estáticos o variables.
- **Flujo magnético y variación de flujo magnético:** el primero es la medida del campo magnético que atraviesa una superficie. Su variación hace referencia a la variación temporal del campo magnético a través de esa superficie. En la Práctica 0, 1, 2 y 3 la variación de flujo será por el movimiento de un imán respecto a una bobina fija. En la práctica 4 la variación de flujo se deberá a un campo magnético variable.
- **Fuerza electromotriz (f.e.m) inducida:** es la energía por unidad de carga generada en un conductor debido a un cambio en el flujo magnético. Provoca una corriente si el circuito está cerrado. Se mostrará en detalle en la Práctica 1, y sus aplicaciones en las Prácticas 2, 3 y 4.

- **Transformación de energía:** proceso por el cual la energía cambia de una forma a otra, manteniéndose la cantidad total (según la ley de conservación de la energía). En este caso se transformará energía mecánica en eléctrica y viceversa, así como en forma de calor debido a las pérdidas (Prácticas 2 y 3). También se transformará energía eléctrica en magnética y de nuevo, en eléctrica (Práctica 4).

3.1.3 Objetivos y competencias

Para el desarrollo óptimo del proceso de aprendizaje, la realización de las prácticas tendrá que ir acompañada de la adquisición conceptual. Se buscará que los alumnos comprendan la relación que guardan el campo, el flujo magnético y la fuerza electromotriz. El objetivo último es que los alumnos sean capaces de explicar cualitativamente la ley de Faraday a partir de sus observaciones. Para ello, cada una de las prácticas propuestas consistirá por sí misma en un objetivo experimental, pero estará relacionado con un objetivo conceptual concreto. Por un lado, en la Práctica 0 se quiere transmitir el concepto de campo magnético, flujo magnético y variación de flujo magnético a través de la observación de las líneas de campo generadas por un imán y su variación con el movimiento del imán. En la práctica 1 se quiere transmitir cómo la variación del flujo magnético produce una corriente eléctrica inducida, a través de su observación con el galvanómetro y el LED. La relación ‘variación de flujo magnético-fuerza electromotriz inducida’ se trabajará sucesivamente en el resto de las prácticas, a través de dispositivos que implementan el fenómeno para conseguir una aplicación práctica, mediante una transformación de energía útil. En la tabla 5 se resume la relación entre ambos tipos de objetivos.

Tabla 5: relación entre objetivos experimentales y objetivos conceptuales.

Objetivo experimental	Objetivo conceptual
Práctica 0. Observación de la variación de la orientación del polvo magnético con el movimiento del imán. Construcción de un motor eléctrico.	Campo magnético
	Flujo magnético
	Variación del flujo magnético
Práctica 1. Construcción de un circuito bobina-LED. Encendido del LED con el movimiento relativo bobina-imán.	Variación de flujo, f.e.m.
Práctica 2. Construcción de un micrófono dinámico.	Variación de flujo, f.e.m., transformación de energía.

Práctica 3. Construcción de un altavoz simple.	Variación de flujo, f.e.m., transformación de energía.
Práctica 4. Construcción de un circuito oscilante y encendido del LED por inducción mutua entre bobinas.	Variación de flujo, f.e.m., transformación de energía.

El desarrollo competencial es uno de los puntos fuertes de este trabajo. El enfoque ABP experimental permite trabajar de manera específica la mayoría de las competencias recogidas en el currículo. En la tabla 6 se recoge la relación entre los contenidos curriculares de la asignatura de Laboratorio de Ciencias, la competencias específicas del currículo de la ESO y el trabajo concreto para desarrollarlos en esta propuesta. El contenido curricular está designado por las letras A y B, siendo A el bloque del trabajo en el laboratorio y B el bloque de Física, según (Boletín Oficial de Castilla y León, 2022a)

Tabla 6: relación entre contenidos y competencias que se trabajan en esta propuesta didáctica.

Contenido curricular	Competencias específicas y competencias clave	Desarrollo
A.1. Uso correcto de los materiales, sustancias, gestión de residuos y herramientas tecnológicas de los laboratorios de ciencias. A.2. Aparatos de medida: exactitud, resolución y precisión. Tratamiento del error.	CE 3: Reconocer y cumplir las normas básicas de seguridad en el laboratorio, utilizar correctamente el material de laboratorio y las unidades de medida que correspondan, obtener datos brutos a partir de un experimento y tratar dichos datos para comunicarlos en diferentes formatos: textos, tablas, gráficas, informes, diagramas, imágenes, dibujos e infografías. Relación competencias clave: CCL1, STEM 2,	Trabajo con instrumentos de medida: galvanómetro, opcionalmente osciloscopio y fuente de corriente. Trabajo con material de laboratorio: materiales magnéticos, componentes electrónicos, placa de circuitos, imanes, bobinas. Trabajo con herramientas de laboratorio: soldador.

	STEM 3, STEM 4, CD2 *.	
A.3 Normas de trabajo: el cuaderno del laboratorio y el desarrollo de las prácticas. La elaboración del informe de prácticas. A.4 Interpretación y producción de información científica en diferentes formatos y a partir de diferentes medios.	CE 3 CE 4: Obtener información utilizando diferentes recursos de forma crítica y eficiente y producir diferentes materiales de creación propia, para fomentar el aprendizaje y la investigación individual y en grupo, así como para compartir de forma efectiva aprendizajes realizados en el laboratorio. Relación competencias clave: CCL2, CCL3, CP1, CD1, CD2, CD3, CPSAA3, CPSAA4 *.	Toma de notas del trabajo en el laboratorio en el formato que cada grupo decida. Elaboración de infografías, vídeos y presentaciones.
B.8 Comprobación experimental de las distintas formas de energía. Estudio energético experimental de un circuito eléctrico. B.10 Comprobación experimental de las propiedades de las ondas electromagnéticas.	CE1, CE2, CE3, CE4. CE 5: Poner en práctica estrategias características del trabajo cooperativo impulsando el desarrollo personal y social, con el fin de comprender su importancia en los progresos de la ciencia para la mejora de la salud y la conservación del medio ambiente.	Desarrollo experimental de las Prácticas.

	Relación competencias clave: CCL5, STEM 5, CPSAA1, CPSAA2, CPSAA3, CC1, CC3*.	
Contenidos transversales	CE 6: Concebir la ciencia como una construcción colectiva no dogmática, a la que contribuyen no solo los científicos sino la sociedad, valorándola como una interacción entre sociedad y medio ambiente, en continua evolución, con límites y cuestiones éticas, para reconocer su fin último de avanzar tecnológica, económica, ambiental y socialmente hacia un futuro sostenible. Relación competencias clave: STEM2, STEM 5, CPSAA2, CC1, CC3, CE1*.	Formación de grupos, decisión y reparto de tareas, trabajo en equipo para el desarrollo de los dispositivos, preparación en grupo de las presentaciones, autoevaluación y coevaluación.

*Las siglas corresponden a los descriptores operativos de cada una de las competencias clave del currículum de la ESO, consultables en (Boletín Oficial de Castilla y León, 2022a).

3.1.4 Evaluación

3.1.4.1 Evaluación de la consecución de los objetivos.

La evaluación se centrará en determinar el grado en que el proyecto ha contribuido a conseguir sus objetivos. A continuación, se definen unos criterios de evaluación propios del proyecto, y se relacionan con los criterios de evaluación que recoge la ley para la asignatura del Laboratorio de Ciencias de 4º de la ESO. En este sentido, será una evaluación centrada en la adquisición de competencias.

1. La comprensión de la Ley de Faraday y los fenómenos de inducción electromagnética. Criterios de evaluación relacionados: 1 y 2 (Boletín Oficial de Castilla y León, 2022a).
2. Conocimiento y manejo de instrumentación y material de laboratorio. Criterios de evaluación relacionados: 3.1 y 3.2 (Boletín Oficial de Castilla y León, 2022a).
3. Comunicación científica de los resultados. Criterios de evaluación relacionados: 3.3, 4.1, 4.2 (Boletín Oficial de Castilla y León, 2022a).
4. Participación, interés y satisfacción del alumnado. Criterios de evaluación relacionados: 5.1 y 5.2 (Boletín Oficial de Castilla y León, 2022a).
5. Trabajo cooperativo y autonomía. Criterios de evaluación relacionados: 5.1.
6. Capacidad crítica y reflexión. Criterios de evaluación relacionados: 6 (Boletín Oficial de Castilla y León, 2022a).

La evaluación será continua, formativa y sumativa, y combinará técnicas cuantitativas y cualitativas.

3.1.4.2 Instrumentos de evaluación

Para evaluar el desarrollo y el impacto del proyecto se proponen los siguientes instrumentos como herramientas útiles en esta propuesta didáctica:

1. Diario de observación del profesor y listas de cotejo: herramienta cualitativa que permite registrar de forma sistemática:
 - Comportamientos observables
 - Dificultades detectadas
 - Progresos individuales y grupales
 - Seguimiento de las fases del proyecto

Se tratarán de garantizar los siguientes criterios:

- *Fiabilidad*: registro frecuente y sistemático.
- *Validez*: permite recoger información contextual que otros instrumentos no captan.

2. Cuaderno de laboratorio del alumnado: documento individual o grupal donde los alumnos registrarán.

- Hipótesis iniciales
- Procedimientos
- Resultados experimentales
- Conclusiones y aprendizajes

Se tratarán de garantizar los siguientes criterios:

- *Fiabilidad*: su evaluación se incluirá en una rúbrica.
- *Validez*: permite valorar el proceso gradual de aprendizaje científico.

3. Exposición y explicación al resto de compañeros de la clase: cada grupo compartirá su proyecto con los demás, como ejercicio previo a la presentación final.

Se tratarán de garantizar:

- *Fiabilidad*: evaluada mediante observación y lista de cotejo.
- *Validez*: integra competencias clave (comunicación, pensamiento crítico, trabajo en equipo).

4. Exposición-demostración a alumnado de 2º de Bachillerato.

Se tratarán de garantizar:

- *Fiabilidad*: observación cruzada por los dos profesores y el grupo receptor.
- *Validez*: valora la aplicación real del conocimiento en un contexto de divulgación.

5. Rúbrica de evaluación

Para valorar:

- Cuaderno de laboratorio y materiales producidos.
- Presentación final del Proyecto.

Se tratarán de garantizar:

- *Fiabilidad*: diseño previo en base a los criterios de evaluación del proyecto.
- *Validez*: valora los resultados finales del proyecto.

6. Pretest, posttest y actividades intermedias.

Para valorar:

- La adquisición paulatina de nuevos conocimientos
- El grado de comprensión general de los conceptos.

Se tratarán de garantizar:

- *Fiabilidad*: diseño previo en base a los objetivos del proyecto.
- *Validez*: valora la progresión y mejora de los alumnos durante el proceso.

7. Encuestas de satisfacción.

Anónimas, para recoger:

- Opinión sobre la metodología: trabajo en grupo, roles, organización.
- Valoración de la adecuación del Proyecto al curso.
- Interés despertado por el Proyecto.

Se tratarán de garantizar:

- *Fiabilidad*: diseño previo en base a los objetivos del proyecto.
- *Validez*: valora la progresión y mejora de los alumnos durante el proceso.

3.2 Plan de acción

3.2.1 Fases

Se propone que el desarrollo del proyecto se realice de manera que coincida con el desarrollo de la teoría de magnetismo e IE en 2º de Bachillerato, para que la sesión de exposición pueda adecuarse bien en ambos cursos. Esto ocurre típicamente en el primer trimestre del curso. La propuesta didáctica tiene una duración estimada de 18 sesiones. Dado que la asignatura cuenta con 2 horas de clase semanal estarían distribuidas a lo largo de 9 semanas. El proyecto se estructura en las seis fases típicas de un ABP ya comentadas.

1. Contextualización y planteamiento del reto:

- Introducción motivadora sobre el papel del electromagnetismo en la tecnología actual. Se plantearán preguntas de este tipo, para motivar al alumnado:
 - *¿Sabes que un motor eléctrico funciona gracias a un imán?*
 - *¿Sabes que un altavoz y un micrófono funcionan mediante el mismo mecanismo, pero a la inversa?*
 - *¿Crees que se puede encender una bombilla sin que esté conectada a un enchufe, pila o batería?*
- Se realizará un pretest para comprobar los conocimientos previos del alumnado en cuanto a electricidad y magnetismo.
- Se desarrollará una actividad introductoria sobre fenómenos en los que el campo magnético y el campo eléctrico están relacionados.
 - La observación del campo magnético y su variación temporal mediante polvo magnético (tinta de un tóner).
 - La construcción de un motor eléctrico con pila, cable e imán.
- Dispondrán de una colección con recursos introductorios y los recursos del proyecto (vídeos, enlaces, infografías, fundamento teórico, guiones). En Wakelet y plataformas habituales del centro.

2. Planificación del proyecto (cronograma, roles, materiales):

- Primero se diseñará el contenido del proyecto, de manera colaborativa. El alumnado define:
 - Dispositivos a construir.
 - Cronograma y fases de trabajo.
 - Grupos
 - Roles dentro del grupo.
 - Materiales necesarios.
 - Medios de difusión.
 - Si utilizarán una plataforma virtual (cuál) o un portfolio en papel para el seguimiento del proyecto.
 - Se creará un producto intermedio: documento de planificación compartido, en la plataforma que hayan decidido. Se puede crear una colección colaborativa donde cada grupo sube su cronograma, esquema del dispositivo y acuerdos iniciales.
3. Investigación y desarrollo de los dispositivos
- Contenido:
 - Investigación teórica sobre la ley de Faraday.
 - Construcción de los dispositivos y pruebas experimentales.
 - Productos intermedios: diario de investigación, cada grupo documenta avances, dificultades, resultados de pruebas con fotos, vídeos y comentarios. Respuesta a actividades intermedias.
4. Culminación del producto final:
- Contenido:
 - Construcción definitiva de los dispositivos.
 - Diseño del póster o presentación oral.
 - Preparación y ensayo en clase de la exposición.
 - Resultado final: dispositivos finales y material expositivo (físico y digital).
5. Presentación y difusión del trabajo:
- Contenido:
 - Presentación pública de los dispositivos.
 - Preguntas y respuestas.
6. Evaluación y reflexión:
- Contenido:
 - Autoevaluación individual y grupal sobre el proceso.
 - Reflexión sobre el aprendizaje, el trabajo en equipo y la motivación.
 - Postest: revisión del impacto del proyecto en la comprensión del electromagnetismo.

3.2.2 Cronograma

A continuación, se presenta la tabla de calendarización, que distribuye las fases del proyecto en función del calendario escolar oficial de Castilla y León para el curso 2025–2026. Las clases en ESO comienzan el 12 de septiembre de 2024, y el primer trimestre finaliza el 20 de diciembre de 2024.

Tabla 7: Cronograma del proyecto de innovación.

Fase	Sesiones previstas	Fechas aproximadas
1. Contextualización y planteamiento del reto	2	15 – 19 septiembre
2. Planificación del proyecto	2	22 septiembre – 26 octubre
3. Investigación y desarrollo	7	29 septiembre – 24 octubre
4. Culminación del proyecto	4	27 octubre – 7 noviembre
5. Presentación y difusión del trabajo	2	10 – 14 noviembre
6. Evaluación y reflexión	1	17 – 21 noviembre

4 Desarrollo experimental

En este apartado se exponen los objetivos de cada una de las prácticas y se muestran fotos de los resultados obtenidos al construirlos durante la elaboración de este trabajo. También se incluyen las fichas de las actividades intermedias que se proponen como herramienta de seguimiento conceptual de cada práctica.

4.1 Introducción

4.1.1 Objetivos

Se trata de presentar el concepto de campo magnético, flujo magnético y variación de flujo. Para ello se utilizará polvo magnético y un imán. El flujo se explicará como las líneas, que dibujan las limaduras al orientarse, que atraviesan una superficie concreta, como puede ser la sección del bote de plástico. La variación de flujo se explicará como la variación del número de líneas que atraviesa esa superficie, producida por el movimiento del imán.

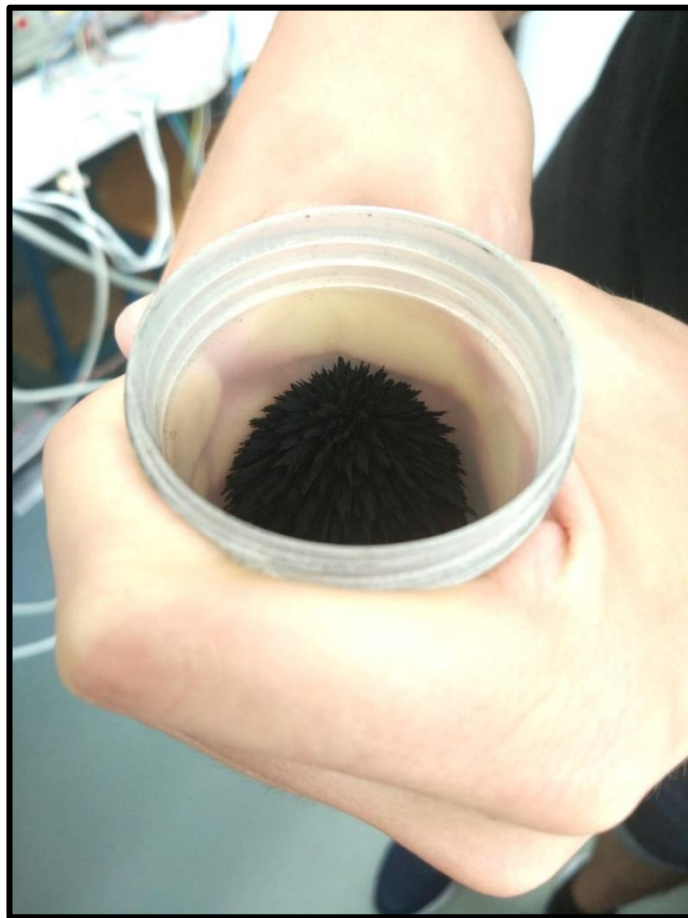


Figura 1: polvo magnético orientado según el campo magnético del imán.

También se propone la construcción del motor eléctrico más simple. Se trata de demostrar que el campo magnético interacciona no sólo con imanes, sino también con una corriente eléctrica. En este caso se crea un par de fuerzas que hace girar el alambre, concepto que ya han visto en dinámica.

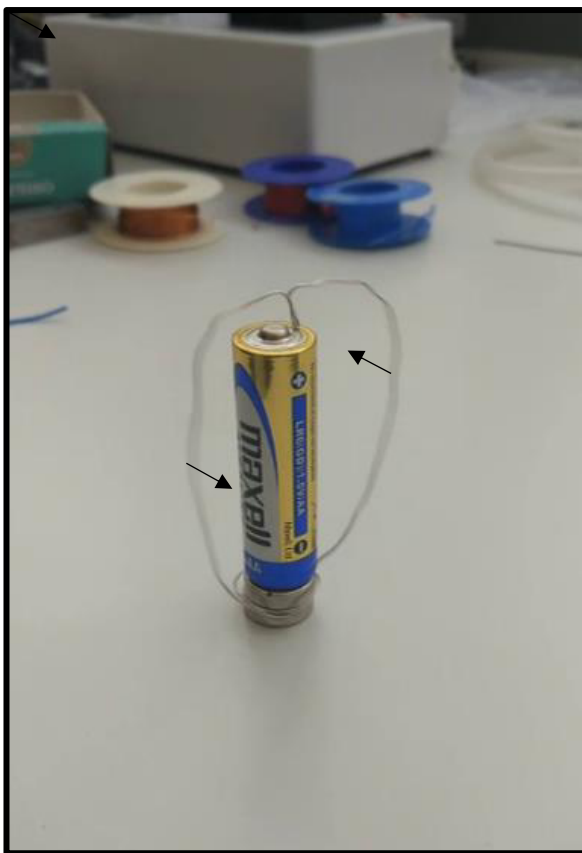


Figura 2: motor eléctrico. Demostración de que el campo magnético interacciona con las cargas eléctricas en movimiento. Las flechas que se han dibujado ilustran el par de fuerzas que se genera en el alambre. La fotografía es un frame de un vídeo. Elaboración propia.

4.2 Encendiendo un LED de manera inalámbrica (I)

Se parte de una bobina de hilo conductor que han de conectar a un galvanómetro, y se aproxima un imán permanente relativamente potente. El alumnado observa que el movimiento del imán respecto a la bobina induce una corriente. El galvanómetro permite observar el sentido de la corriente en función del polo del imán que se aproxime o aleje, haciendo hincapié en la simetría de las situaciones: que el polo norte del imán se acerque es equivalente a que el polo sur se aleje, y viceversa.

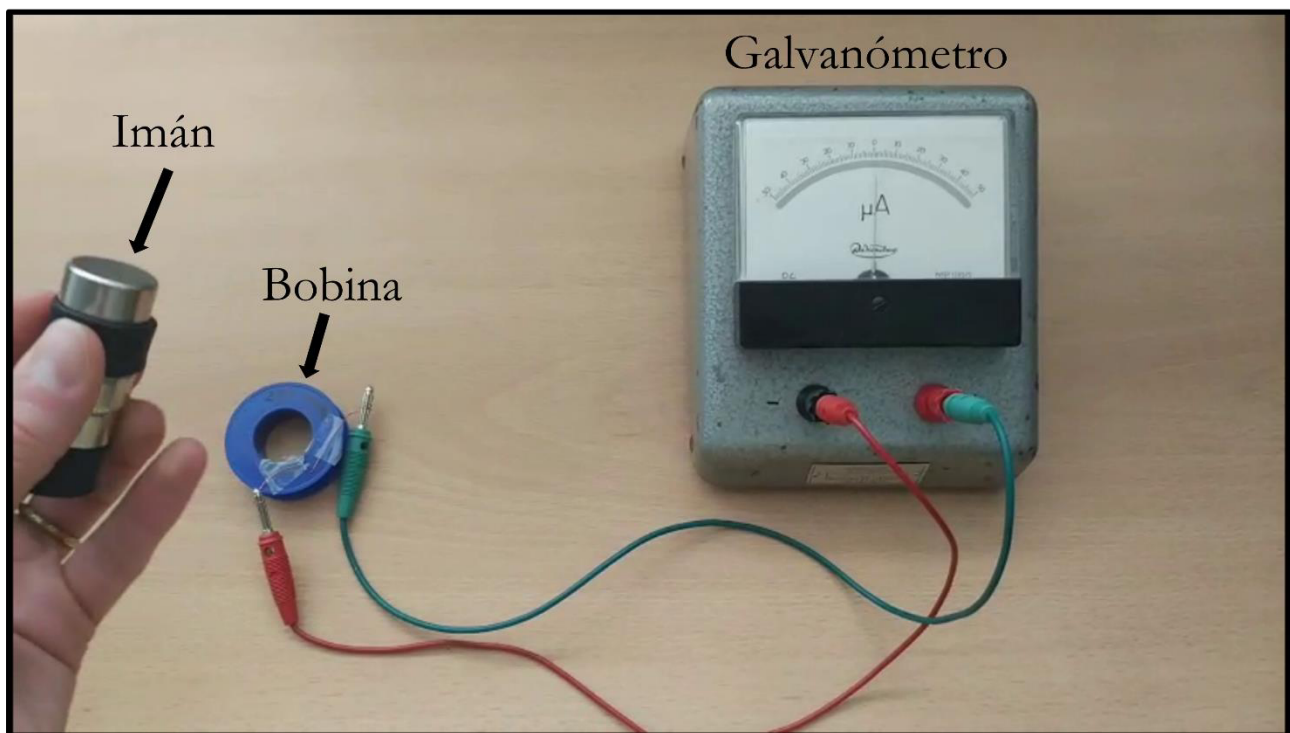


Figura 3: bobina-imán-galvanómetro. Galvanómetro centrado en 0 con fondo de escala de 50 microamperios. Bobina casera de 250 vueltas. Imanes de neodimio acoplados.

Después, se sueldan los extremos de la bobina a un LED. EL movimiento de los imanes cerca de la bobina encenderá el LED. Se pueden conectar los LED en oposición para que se enciendan alternativamente. Esta práctica permite visualizar experimentalmente el fenómeno de la inducción electromagnética y establecer el vínculo entre la variación del flujo magnético y la generación de corriente. Sirve como introducción al concepto de flujo y su papel en la ley de Faraday.

Se valorará la posibilidad de que los alumnos fabriquen un bobina casera para el galvanómetro. Para los LED lo mejor será usar una bobina comercial o reciclada de algún electrodoméstico, con muchas más vueltas. Se animará a los alumnos a buscar bobinas si disponen de electrodomésticos antiguos, tratando de educar en reutilizar dispositivos electrónicos con fines educativos.

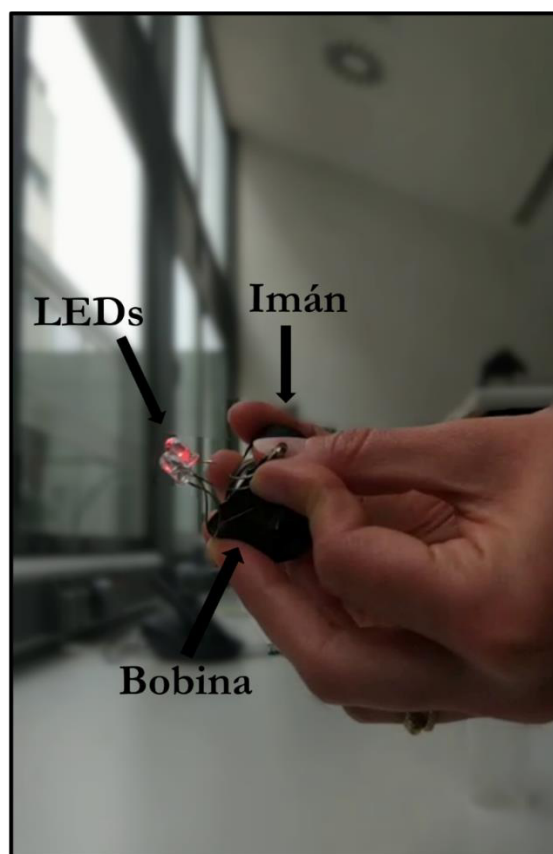


Figura 4: bobina-imán-LED. Bobina de un relé antiguo. LEDs en oposición. Imanes acoplados como en el caso anterior. La fotografía es un frame de un vídeo. Elaboración propia.

4.2.1 Ficha 1: Imán y bobina

1. ¿Qué ocurre cuando acercas o alejas el imán de la bobina? Rellena la tabla dependiendo del polo del imán que acerques y alejes.

Sentido de la corriente		Sentido del movimiento	
		Acercar	Alejar
Polo del imán	Norte	+	-
	Sur	-	+

2. ¿Crees que funcionaría si el imán no se mueve? ¿Por qué? ¿Y si dejas el imán fijo y mueves la bobina?
3. ¿Puedes nombrar qué conceptos físicos intervienen en la producción de la corriente eléctrica?
4. Prueba a conectar la bobina de 250 vueltas al LED. ¿Se enciende?

4.3 Micrófono casero

4.3.1 Objetivos

En esta práctica se construye un micrófono dinámico casero empleando una bobina, un imán, una membrana y un software de grabación. Las vibraciones sonoras provocan el movimiento de la membrana y, con ello, la variación del flujo magnético en la bobina, generando una señal eléctrica. Esta actividad permite explorar cómo se transducen señales acústicas en señales eléctricas mediante la ley de Faraday.

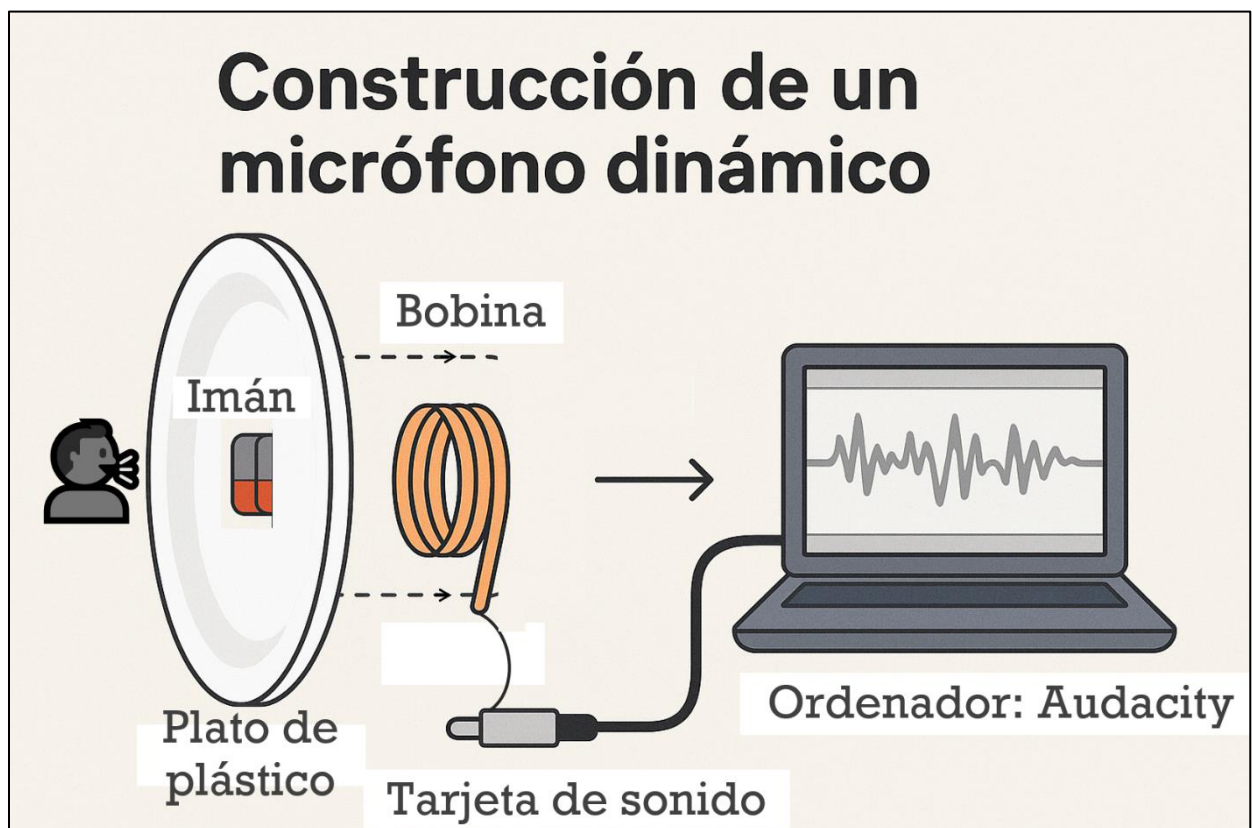


Figura 5: infografía de la construcción del micrófono dinámico.

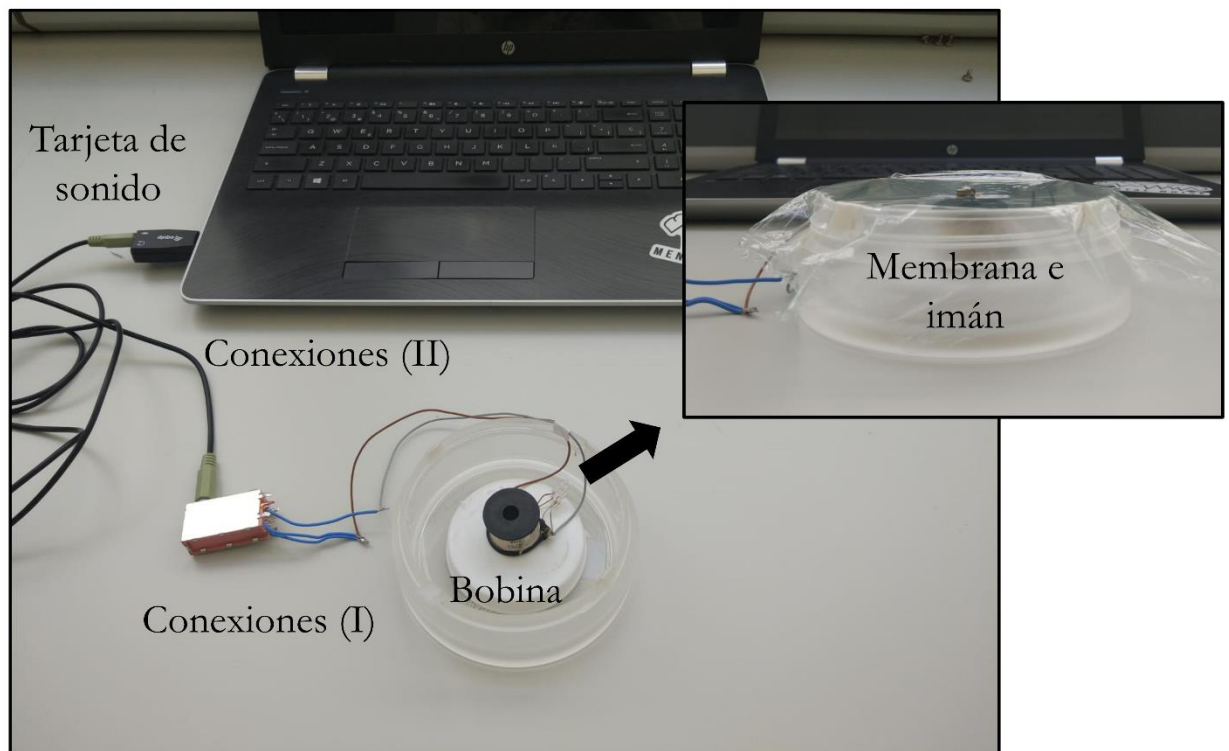


Figura 6: montaje del micrófono.

4.3.2 Ficha 2

1. ¿Qué le pasa a la membrana cuando hablas sobre ella?
2. El ordenador registra una señal eléctrica con las mismas frecuencias que el sonido que has producido, ¿podrías explicar el mecanismo que provoca esa señal eléctrica?
3. ¿Qué transformación de energía se está produciendo?

4.4 Altavoz casero

4.4.1 Objetivos

La construcción de un altavoz casero consiste en invertir el mecanismo del micrófono: una corriente alterna circula por una bobina en presencia de un campo magnético, produciendo movimiento mecánico en una membrana, debido a la interacción entre ambos campos magnéticos. Aquí no hay inducción electromagnética (no se induce una corriente), pero ilustra el proceso inverso de transformación de energía eléctrica en mecánica.

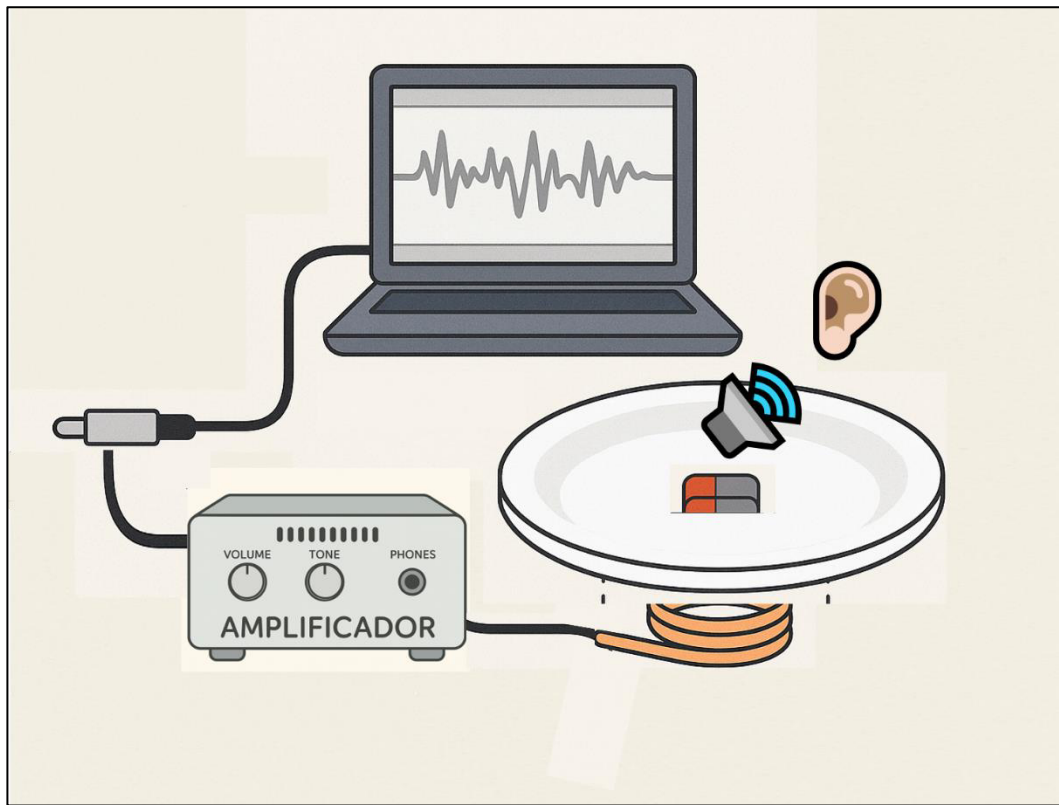


Figura 7: infografía que ilustra el montaje del altavoz.



Figura 8: montaje experimental del altavoz.

4.4.2 Ficha 3

1. ¿La señal que sale del ordenador con la información de la canción es de corriente continua o de corriente alterna?
2. ¿Qué pasa en la bobina cuando le llega esa señal?
3. ¿Qué pasa en la membrana cuando llega la señal a la bobina?
4. ¿Qué transformación de energía se está produciendo?

4.5 Encendiendo un LED de manera inalámbrica (II)

4.5.1 Objetivos

Se ensambla un circuito oscilante básico para observar fenómenos de autoinducción. Al interrumpirse intermitentemente la corriente en una bobina, se genera una corriente inducida en otra bobina que puede detectarse con un LED. Este fenómeno es más avanzado, pues para comprenderlo en profundidad requiere comprender el funcionamiento del transistor en el circuito. Sólo se quiere transmitir que el transistor funciona como un interruptor de alta

velocidad, que hace que la corriente continua de la pila circule como corriente alterna en la bobina. El circuito lo tendrán que montar siguiendo las instrucciones de la conexiones, sin necesidad de saber por qué se conecta así. El mecanismo de funcionamiento se puede explicar como un paso más allá del altavoz: si en vez de poner un imán con una membrana ponemos una bobina con un LED cerca de la bobina conectada a la corriente, se induce una corriente en ella y se enciende un LED.

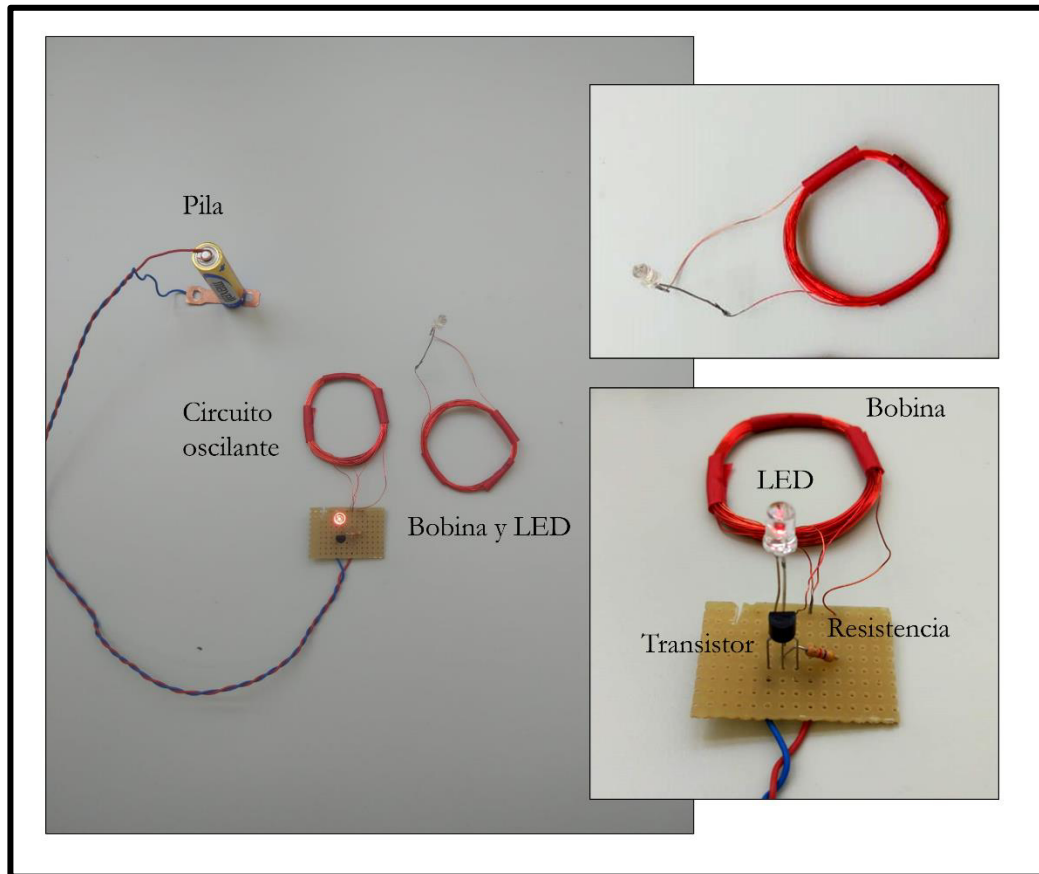


Figura 9: montaje experimental del circuito oscilante y la bobina-LED.

4.5.2 Ficha 4

1. En este montaje hay dos bobinas, ¿qué ocurre en cada una de ellas?
2. ¿Por qué hay inducción electromagnética si no tenemos ningún imán?
3. Dibuja sobre la foto del circuito qué corrientes y campos magnéticos se producen en cada parte del montaje.

5 Dificultades, limitaciones y prospectiva

El proyecto afronta dificultades, relacionadas con la novedad conceptual de la propuesta que se plantea a los alumnos de 4º de la ESO. Debido a la novedad del proyecto, la viabilidad y adecuación del proyecto al curso propuesto tendrá que ser probada en el aula. Será entonces cuando se puedan evaluar las dificultades reales y ajustar las explicaciones y el nivel de las prácticas. Sin embargo, la propuesta cuenta con los recursos necesarios para realizar esta evaluación y proponer soluciones para los cursos siguientes.

Entre las principales limitaciones del proyecto destaca la falta de tradición experimental en el área de electromagnetismo en secundaria, lo que exige una mayor labor inicial de explicación. Además, algunos centros pueden presentar limitaciones logísticas o materiales que dificulten la implementación del proyecto. La evaluación también puede verse condicionada por la variabilidad del trabajo en grupo y la novedad metodológica para algunos docentes.

A nivel de prospectiva, la experiencia descrita es escalable a otros niveles y materias. La asignatura de Tecnología en 4º de ESO o algunos módulos de Formación Profesional son buenos candidatos para replicar el enfoque con algunas modificaciones. También es viable su adaptación a primero de Bachillerato, como introducción contextualizada antes de abordar formalmente la ley de Faraday desde un enfoque matemático.

6 Conclusiones

Este proyecto desarrolla una propuesta didáctica para la enseñanza, basada en la experimentación, de la inducción electromagnética en la asignatura de Laboratorio de Ciencias de 4º de la ESO. Se propone el diseño y construcción de dispositivos autoproducidos realizados en el laboratorio, como herramienta para que el alumnado adquiriera no sólo nociones fundamentales de la ley de Faraday, sino que desarrolle competencias científicas, comunicativas y sociales.

En la propuesta se desarrollan experimentalmente diversos dispositivos a partir de materiales accesibles y reciclados. Se propone su construcción colectiva y guiada a lo largo de diversas sesiones, siguiendo una metodología ABP. También se proponen la evaluación activa del proyecto a partir de exposiciones orales por parte de los alumnos participantes, siguiendo una estrategia de evaluación por simulación de roles. También se proponen distintas herramientas para la evaluación del grado de consecución de los objetivos que se plantea el proyecto.

Además, se prueba y se valora un recurso digital concreto como herramienta para el desarrollo del proyecto por parte del profesor y de los estudiantes. Se valoran positivamente

las funcionalidades del recurso elegido, si bien se reconoce como un recurso más que no sustituye a los ya hay a disposición en los centros.

Los resultados esperados incluyen una introducción significativa a la IE que mejore la comprensión conceptual en los cursos futuros y despierte curiosidad en el alumnado, aumentando la implicación afectiva hacia la materia y el desarrollo de competencias clave para la educación científica. El enfoque remarca la necesidad de desarrollar programas de prácticas experimentales ambiciosos en los que el alumno pueda experimentar y crear.

7 Agradecimientos

Agradezco la oportunidad de realizar este trabajo a mis tutores. He disfrutado y aprendido al llevarlo cabo. También a mis compañeros de máster, por habernos ayudado entre todos a llegar al final. A Juan Carlos Jiménez García, por inculcar siempre su amor por el conocimiento, y por ser un referente en tantas cosas. *In memoriam*.

8 Bibliografía

- Almudí, M., Zuza, K., & Bonet, E. (2005). *Explicando los fenómenos de inducción electromagnética: relevancia de su enseñanza y dificultades de aprendizaje*.
- Boletín Oficial de Castilla y León. (2022a). *DECRETO 39/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León*.
- Boletín Oficial de Castilla y León. (2022b). *DECRETO 40/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León*.
- Bravo, B., Bouciguez, M. J., & Braunmüller, M. (2019). A didactic proposal designed to favor the learning of the Electromagnetic Induction and the development of digital competences. *Revista Eureka*, 16(1), 1–14. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1203
- Daniel Gil, Jaime Carrascosa, Carles Furió, & Joaquín Martínez-Torregrosa. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*.
- Daza-Navarro, M., Morón-Monge, H., & Daza-Navarro, P. (2020). El trabajo por proyectos en educación secundaria obligatoria: ‘Tres Visiones, Tres Generaciones.’

- Deleg-Sari, P. E., & Fajardo-Tinizhañay, L. P. (2023). *ABP como estrategia didáctica para contribuir al aprendizaje de la Física en secundaria*.
- Domènech-Casal, J., Lope, S., & Mora, L. (2019). Which projects design and which difficulties express on Project-Based Learning Secondary Education teachers. Analysis of 87 project proposals. *Revista Eureka*, 16(2).
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- Huber G. L. (2017). Estrategias de evaluación en el contexto del Aprendizaje Activo. *Metaaccion Magazine*, 7.
- Hodson, D. (n.d.). *Teaching and learning science: towards a personalized approach*.
- Hon, Giora., & Goldstein, B. R. . (2020a). *Reflections on the practice of physics: James Clerk Maxwell's methodological odyssey in electromagnetism*. Routledge.
- Hon, Giora., & Goldstein, B. R. . (2020b). *Reflections on the practice of physics: James Clerk Maxwell's methodological odyssey in electromagnetism*. Routledge.
- Inorreta, Y., Bravo, B., & Bravo, S. (2021). La enseñanza y el aprendizaje del fenómeno de inducción electromagnética en el nivel secundario Teaching and learning the phenomenon of electromagnetic induction at secondary level. In *VOLUMEN* (Vol. 33, Issue extra). www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF
- Ministerio de educación, formación profesional y deportes. (2022). *PISA 2022. Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe español*.
<https://cpage.mpr.gob.es/>
- Pearlman, B., & Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*.
http://www.bie.org/research/study/review_of_project_based_learning_2000
- Pozo, J. I., & Gómez Crespo M.A. (1997). Aprender y enseñar ciencia. *Aula: Revista de Pedagogía de La Universidad de Salamanca*, ISSN 0214-3402, 444–446.
- Tapia, D., Freire, L., & Hallo, E. (2025). Aprendizaje Basado en Proyectos: Un enfoque educativo innovador para una enseñanza activa. *Reincisol*, 4(7), 330–341.
- Zuza, K., Almudí, J. M., & Guisasola, J. (2012). Revisión de la investigación acerca de las ideas de los estudiantes sobre la interpretación de los fenómenos de inducción electromagnética. *Enseñanza de Las Ciencias*, 30(2), 175–196.

9 Anexo A. Materiales

A continuación, se presentan los materiales necesarios para el proyecto, con las fotografías y explicaciones de las que dispondría el alumnado como información previa en Wakelet u otras plataformas.

9.1 Bobina autoproducida

La bobina de la Figura 10 está formada por unas 250 vueltas hilo de cobre de 3 mm de grosor. El hilo se ha enrollado en un soporte de plástico (un antiguo soporte de cinta de teflón). Este hilo está recubierto de una capa muy fina de una resina aislante, de manera que el cobre está protegido y no hace contacto con los tramos de hilo que lo tocan. Podréis fabricar vuestra propia bobina, siguiendo las instrucciones del guion 10.1.

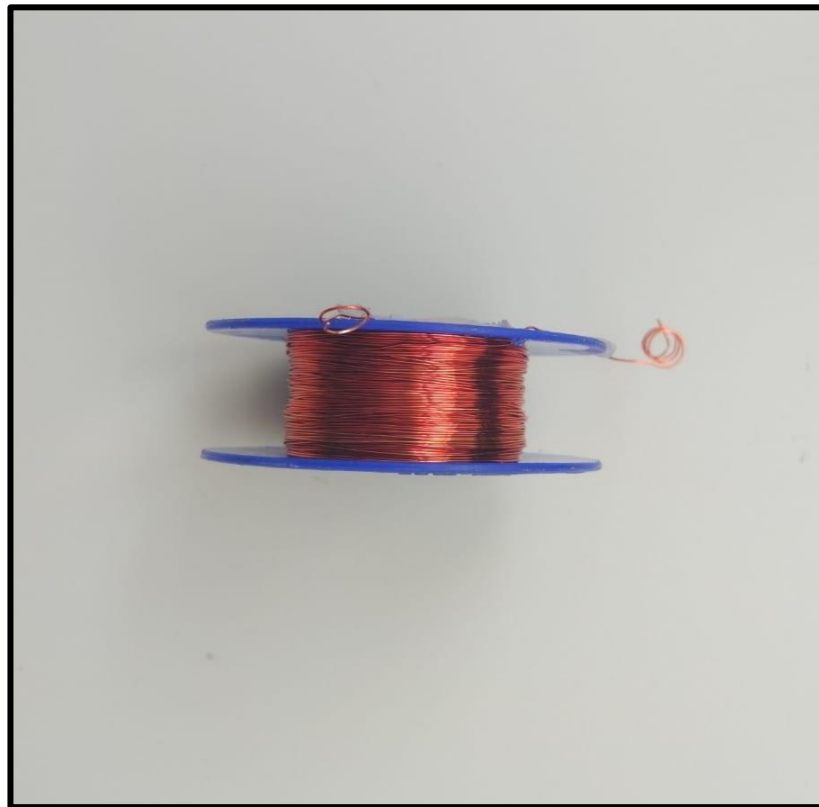


Figura 10: bobina autoproducida.

En la Figura 11 se presentan diferentes tipos de bobinas industriales.

1. Bobina comprada por internet.
2. Bobina extraída del relé de una máquina.

3. Bobina extraída del motor del ventilador de un microondas, que se sitúa en su parte trasera. También se puede usar la bobina del motor del plato del microondas.

Estas bobinas poseen miles de vueltas de hilo de cobre y por tanto, al mover un imán en sus proximidades, se generará más corriente eléctrica que en la bobina autoproducida, y se podrá encender un LED fácilmente.

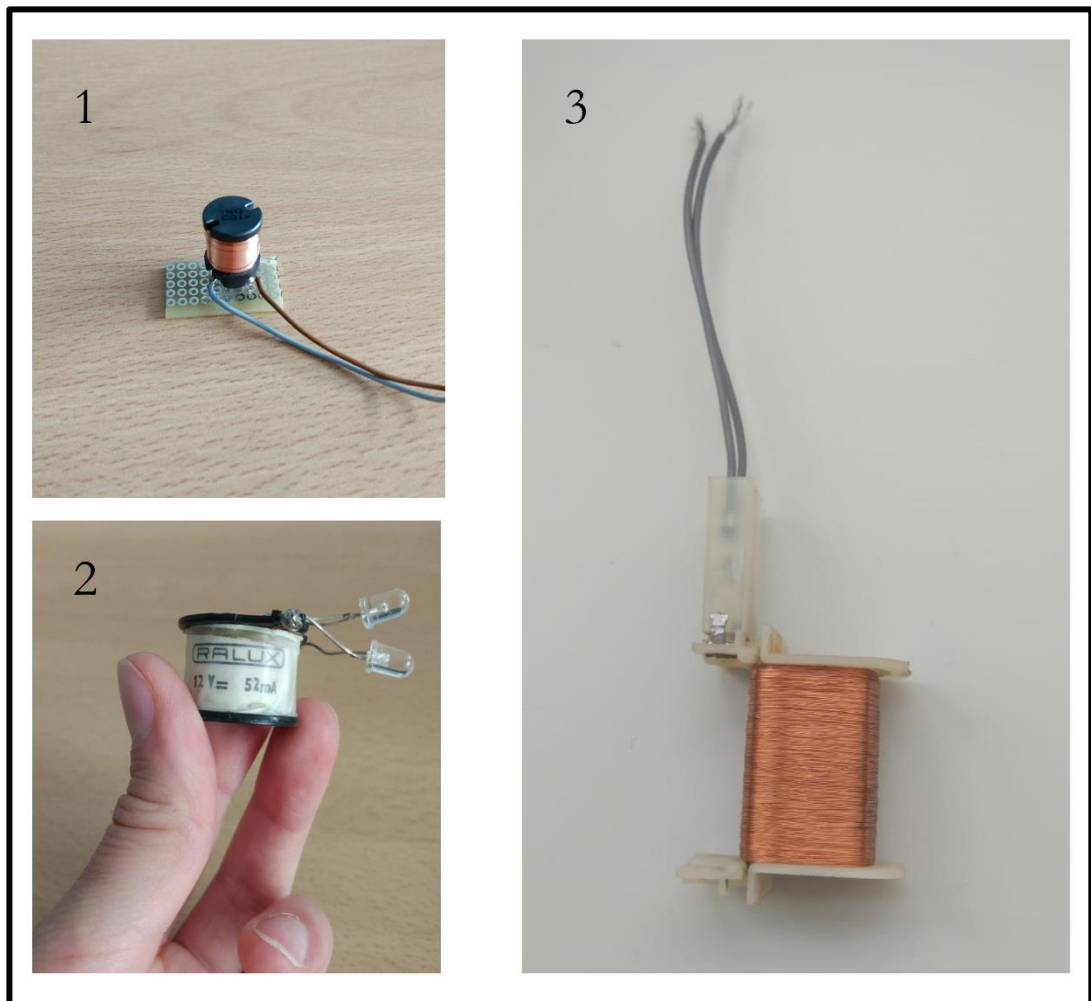


Figura 11: distintos tipos de bobinas.

9.2 Componentes electrónicos

En la figura 12 se presentan los componentes electrónicos que se usarán a lo largo de l proyecto. Por orden de numeración:

1. LED (Light Emission Diode, por sus siglas en inglés). Hay dos cosas importantes que saber de un LED. Una, que los LED están formados por materiales que conducen la corriente eléctrica a partir de un voltaje determinado, que se denomina voltaje umbral. Este voltaje depende del color que tenga el LED. Un LED rojo tiene un voltaje umbral en torno a 1.5 V, y uno azul, un voltaje umbral en torno a 3 V. Para que se enciendan hay que producir un voltaje mayor que dichos valores. La segunda es que los LED tienen polaridad, es decir, conducen la corriente en un único sentido. En la imagen se observa que tienen un pata más larga que la otra. La pata corta es el terminal positivo y la pata larga el terminal negativo.

2. Transistor BC548B. Un transistor es un componente electrónico que funciona, entre otras cosas, como un interruptor que se enciende y se apaga muy rápido. Tiene tres patas llamadas emisor, base y colector. Controla el paso de corriente en un circuito y puede encender o apagar el paso de electricidad, de manera que funciona como un interruptor de alta velocidad.

3. Resistencia de 4700 ohmios. Una resistencia es un componente eléctrico que dificulta el paso de la corriente eléctrica en un circuito. Cuanto mayor sea la resistencia, menos corriente circula. El ohmio (Ω) es la unidad de medida de la resistencia eléctrica.

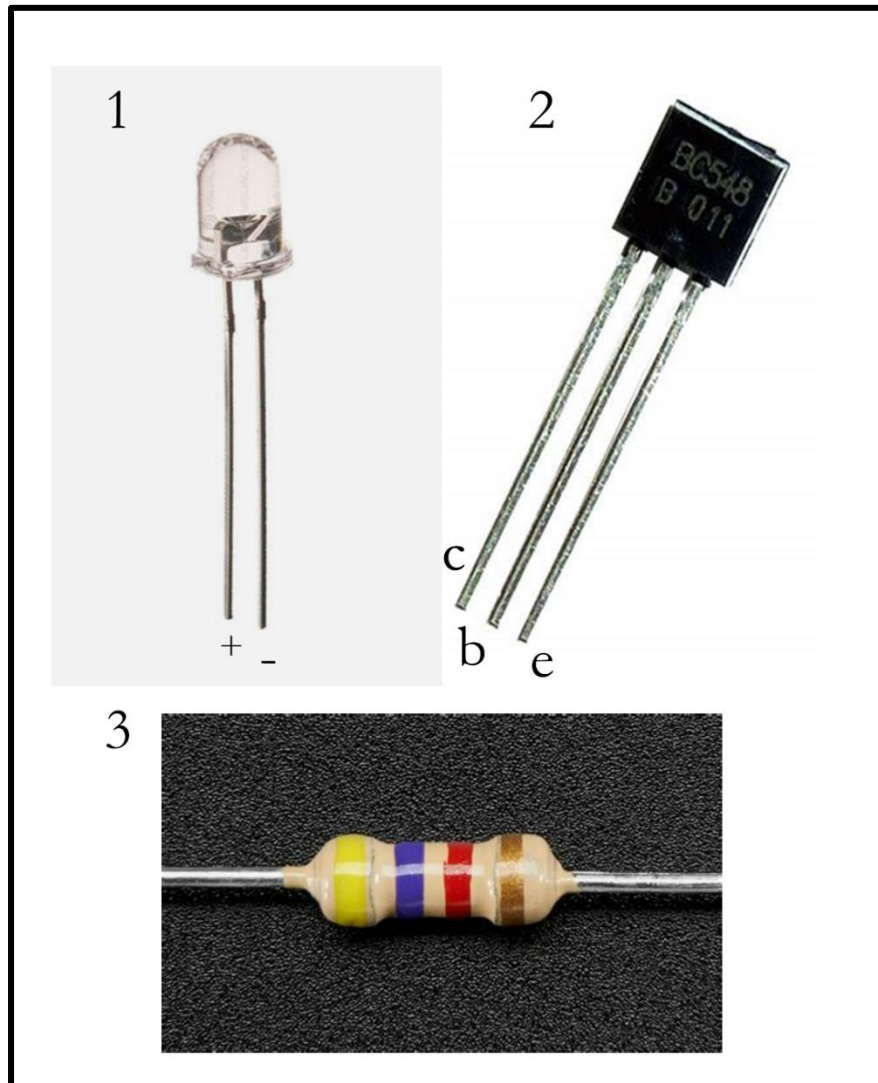


Figura 12: componentes electrónicos que se utilizarán en el proyecto.

En la figura 13 se muestran dos componentes que se usarán en el micrófono y en el altavoz. El 1 es un cable mini-jack, como el que tienen los altavoces de un ordenador. El 2 es una pieza reciclada de un ordenador de mesa. Consiste en esa pieza que está en la parte trasera de la torre y de la que sólo se ven las clavijas de colores, donde conectas los altavoces o auriculares.

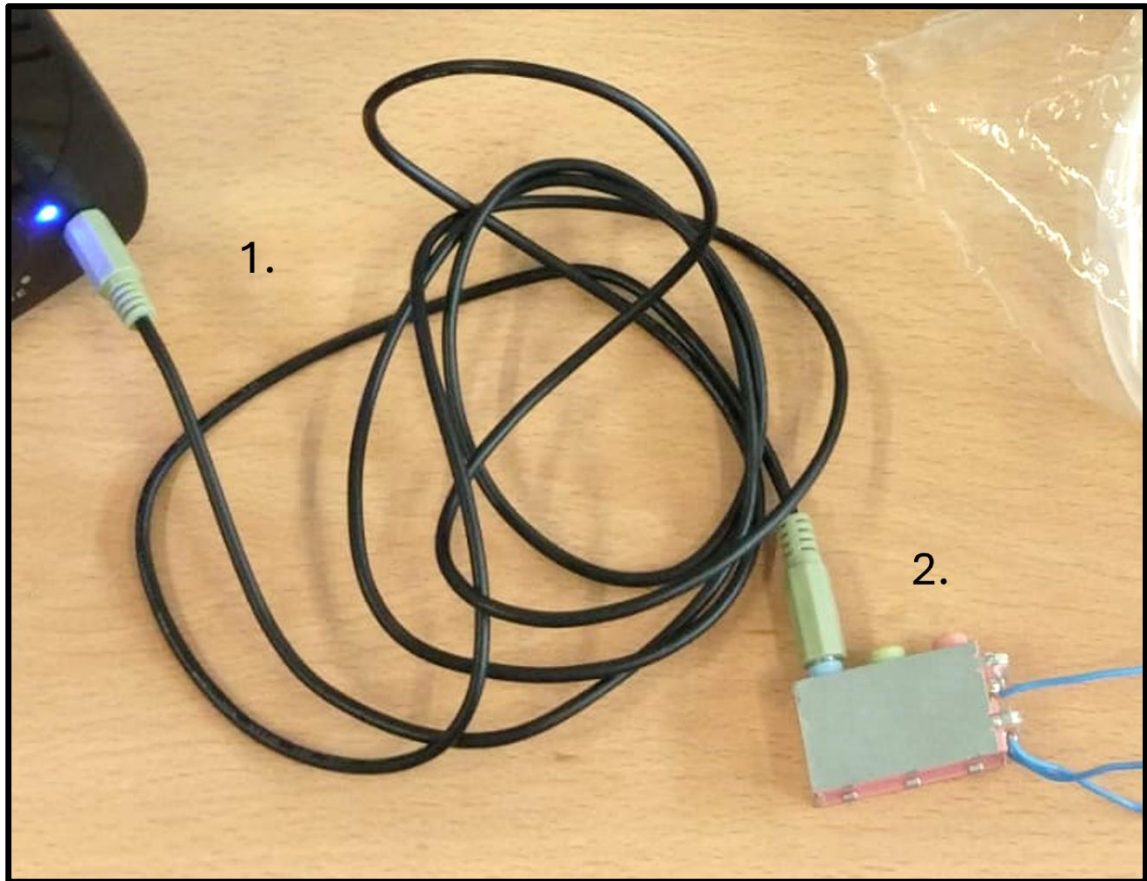


Figura 13: (1) cable mini-jack y (2) conectores de audio reciclados de un ordenador de mesa.

9.3 Imanes

En la figura 14 se muestran imanes de dos tipos. Unos están formados por neodimio (Nd), hierro (Fe) y boro (B), y están cubiertos por una capa de níquel (Ni), para que no se oxiden. Otros están formados de una mezcla de aluminio (Al), níquel (Ni), cobalto (Co) y hierro (Fe), y se suelen pintar de colores. ¿Cuántos imanes ves en la figura 14? ¿Podrías agruparlos en las dos categorías?

En la figura 15 se muestra una pila de imanes de neodimio. Son relativamente grandes y están apilados, por lo que generan un campo magnético intenso.



Figura 14: diferentes tipos de imanes.



Figura 15: imanes del mismo tipo pegados unos a otros.

9.4 Polvo magnético

El polvo magnético que se muestra en la figura 16 se ha obtenido del tóner de una impresora láser, y contiene ferrita, un material sensible a los campos magnéticos. Las impresoras láser dirigen las gotas de tinta magnética hacia el papel mediante campos magnéticos. En la imagen se observa como las partículas de polvo se han agrupado siguiendo las líneas de campo magnético que genera el imán situado debajo del bote de plástico.



Figura 16: polvo magnético imantado por un imán.

9.5 Equipo de soldadura e hilo de estaño.

En la figura 17 se muestra un equipo de soldadura de laboratorio. Se observan dos partes: la punta o vástago (derecha) y la fuente con el panel digital (izquierda). En el panel digital se selecciona la temperatura a la que se quiere que se caliente el vástago (en nuestro caso, 350°C). Una vez encendido, se espera a que alcance esa temperatura. El vástago se coge por el mango y se utiliza para fundir el extremo del hilo de níquel y depositar la gota en el punto que queramos soldar. Acto seguido se vuelve a depositar en el soporte, pues no se puede dejar sobre la mesa (quema)



Figura 17: equipo de soldadura de laboratorio.

En la figura 17 se muestra el hilo de estaño que se utiliza para soldar. El hilo de estaño es una aleación de estaño y plomo o plata, mezclada con resina (flux). El plomo o la plata sirven para mejorar la resistencia mecánica de la soldadura. La resina es necesaria para limpiar los óxidos que se forman en la superficie por el calor, y producir una soldadura homogénea.



Figura 18: hilo de estaño.

9.6 Galvanómetro

Un galvanómetro es un aparato que sirve para medir corrientes eléctricas muy pequeñas. Posee un aguja que se mueve cuando una corriente pasa a través del galvanómetro. La escala está graduada, en este caso, hasta los 50 micro amperios. El amperio es la unidad de la intensidad de corriente eléctrica. Es una de las unidades básicas del sistema internacional de unidades, y su nombre es en honor a Ampère, un físico-matemático francés de la época de la Ilustración. La escala es doble, está centrada en 0 y va hacia 50 micro amperios hacia la derecha y hacia la izquierda. Es decir, el movimiento de la aguja puede ser hacia la derecha y hacia la izquierda, según la polaridad del imán.

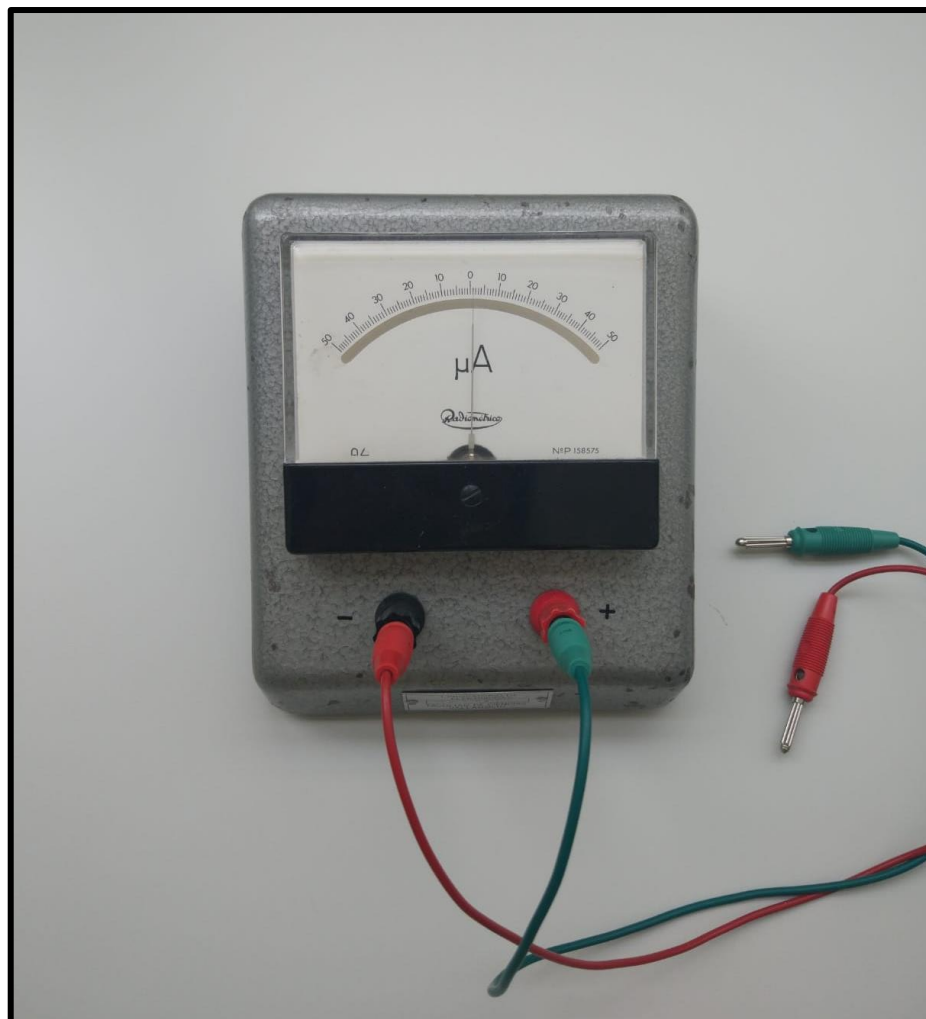


Figura 19: galvanómetro.

9.7 Fuente de corriente continua y pila

En la figura 20 se observa una fuente de corriente continua con un LED blanco conectado. En el display izquierdo aparecen los voltios que se están generando. En el display derecho aparece la intensidad de corriente que circula por el dispositivo. Como ue el LED no

brilla, no está circulando corriente y la intensidad es 0 A (amperios). Esto nos dice que el LED tiene un voltaje umbral mayor a 2.5 V.

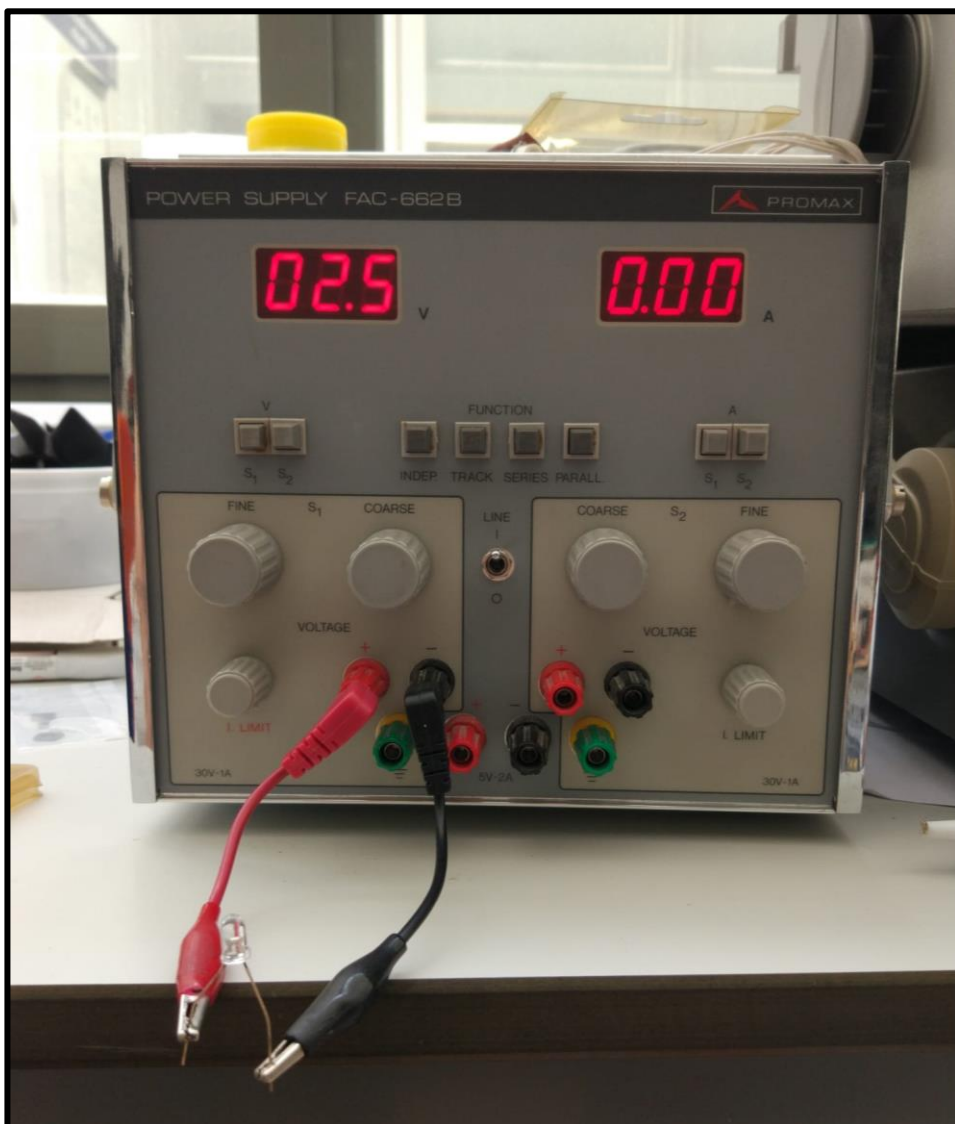


Figura 20: fuente de corriente continua.

10 Anexo B. Guiones

En este apartado se incluye una propuesta de guion básico por cada práctica. Con toda probabilidad los alumnos necesitarán explicaciones más detalladas, que o bien se tendrán que incluir en guiones más extensos o bien transmitir durante el proceso de las prácticas en otro formato. Este trabajo es más extenso y requiere del conocimientos de las necesidades del aula, lo cual excede las posibilidades y pretensiones de este trabajo. Estos guiones quieren ser una muestra de que los dispositivos se han producido en el laboratorio paso a paso, como un proceso previo de formación del profesorado.

10.1 Encendiendo un LED de manera inalámbrica (I)

Objetivo

Generar, a partir del movimiento relativo entre un imán y una bobina, una corriente suficiente para detectar con un galvanómetro y para encender un LED.

Material

- Hilo de cobre
- Papel de lija
- Cinta adhesiva
- Soporte para enrollar el hilo de cobre
- Imán de neodimio
- LEDs
- Galvanómetro
- Equipo de soldadura: soldador e hilo de estaño.

Procedimiento

1. **Fabricación de la bobina:** introduce el extremo del hilo en el pequeño agujero del soporte, pega con celo el extremo al soporte y enrolla el hilo con paciencia. Cuando termines las vueltas, introduce el otro extremo del hilo por el segundo agujero, ¡ya tienes tu bobina! Recomendaciones
 1. Deja 10 cm de hilo del primer extremo libres. A partir de ahí enrolla el hilo sobre el cilindro, hasta dar unas 200 vueltas.
 2. Ten cuidado de que en cada vuelta el hilo se sobreponga lo mínimo posible con el anterior.

3. Cuando termines, deja otros 10 cm de hilo del extremo final libres. Pega el extremo al soporte con celo para que la bobina no se deshaga.
2. **Lijado de los extremos:** con la lija, retira el recubrimiento de los últimos 5 cm de cada extremo.
3. **Soldadura:** se trata de soldar los extremos de la bobina a los del LED. Procedimiento:
 1. Conectar el soldador a la corriente y esperar a que alcance la temperatura preestablecida (350 ° C).
 2. Sitúa el hilo de estaño, cerca de la unión que vas a soldar (una pata del LED a uno de los extremos del hilo de la bobina, luego soldarás la otra pata del LED al otro extremo).
 3. Con el vástago del soldador toca el extremo del hilo de estaño para fundirlo y deposita la gota sobre la unión. Se enfriará rápido y quedará unido. Acto seguida deja el vástago del soldador en su soporte, para evitar tocar nada más.
 4. Repite el proceso con la otra unión.
4. **Encender el LED:** mueve los imanes hacia delante y hacia atrás cerca del hueco de la bobina, o hacia los lados. El LED se encenderá por inducción electromagnética.

10.2 Micrófono casero

Objetivo

Fabricar un micrófono casero. Un micrófono funciona mediante inducción electromagnética. Un imán pegado a una membrana vibra cuando se produce sonido cerca de él. Vibra con la frecuencia de ese sonido. Esta vibración del imán induce corriente eléctrica en una bobina situada muy cerca. Esta corriente es la señal eléctrica del sonido, que grabaremos en el ordenador.

Material

- Tarjeta de sonido USB
- Cable mini-jack
- Conexiones: cables finos, conexiones de audio de un viejo ordenador.
- Bobina comercial

- Film transparente
- Imán pequeño
- Soporte de plástico (bote tipo Nivea).

Procedimiento

1. **Conexiones I (ver Figura 9).** De la bobina salen dos cables, que hay que conectar a la pieza reutilizada del ordenador de mesa. Para ello se suelda cada extremo de la bobina a los cables azules que salen de la pieza. Ver en la Figura.
2. **Conexiones II (ver Figura 9).** La tarjeta USB se conecta al ordenador. Luego se conecta un extremo del cable mini-jack a la entrada de audio de la tarjeta USB, y el otro extremo al terminal azul de la pieza reutilizada del ordenador.
3. Se coloca la bobina dentro del bote de crema.
4. **Membrana (ver Figura 9):** el film transparente hará de membrana. Se trata de colocar un trozo de film que cubra el bote de crema, con la bobina dentro.
5. **Imán:** con un poco de celo, se pega el imán en el centro de la membrana.
6. **Grabación:** abrir Audacity. En 'Configuración de audio', seleccionar como dispositivo de grabación la tarjeta de sonido. Subir el nivel de grabación al máximo. Dar al play y decir algo claro y corto sobre la membrana del micrófono.
7. **Edición y reproducción de audio.** La grabación apenas se escuchará, pero es cuestión de editarla bien. En 'Efectos'->'Volumen y compresión'->'Amplificar' se amplifica la señal. En 'Efectos'->'EQ y filtros'->'Ecualizador gráfico' podrás ecualizar la señal, es decir, subir los decibelios de determinadas frecuencias. Sube al máximo todas las frecuencias entre 250 y 4000 hercios (Hz), que es el rango de frecuencias de la voz humana. Ahora puedes reproducir el audio que has grabado.

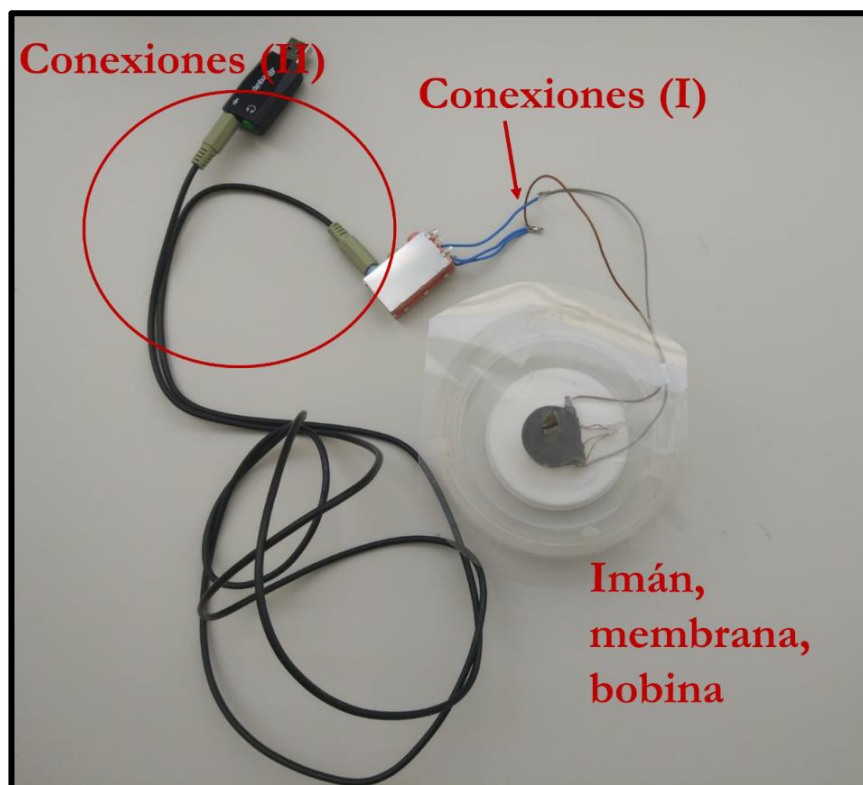


Figura 21: montaje del micrófono. Se incluye la imagen para entender las conexiones.

10.3 Altavoz casero

Objetivo

Utilizar el montaje del micrófono para fabricar un altavoz. Un altavoz funciona a la inversa que un micrófono. Mientras que el micrófono convierte señal sonora en señal eléctrica, el altavoz convierte señal eléctrica en señal sonora. Para fabricarlo habrá que realizar unos pequeños cambios en el montaje anterior.

Materiales

- Los del micrófono.
- Altavoces con salida de audio (funcionarán como amplificador).
- Bobina autoproducida y carpeta de plástico.

Procedimiento

1. **Soldadura (ver Figura 10):** soldar los terminales de la bobina autoproducida a los terminales de la pieza reciclada del ordenador.
2. **Conexiones I (ver Figura 10):** conectar la tarjeta de sonido al ordenador y el cable mini-jack de los altavoces a la salida de audio de la tarjeta de sonido.
3. **Conexiones II (ver Figura 10):** conectar el cable mini-jack libre a la salida de audio del amplificador. El otro extremo se conecta al terminal azul de la pieza reciclada del ordenador.
4. Utilizar como membrana una lámina de la carpeta de plástico. Recortarla y pegar en el centro un pequeño imán. Posar la lámina sobre la bobina. Reproducir música en el ordenador y escuchar a través de la membrana. ¡El sonido sale a través de la membrana! ¿El sonido tiene definición? ¿Se escuchan mejor los graves o los agudos?

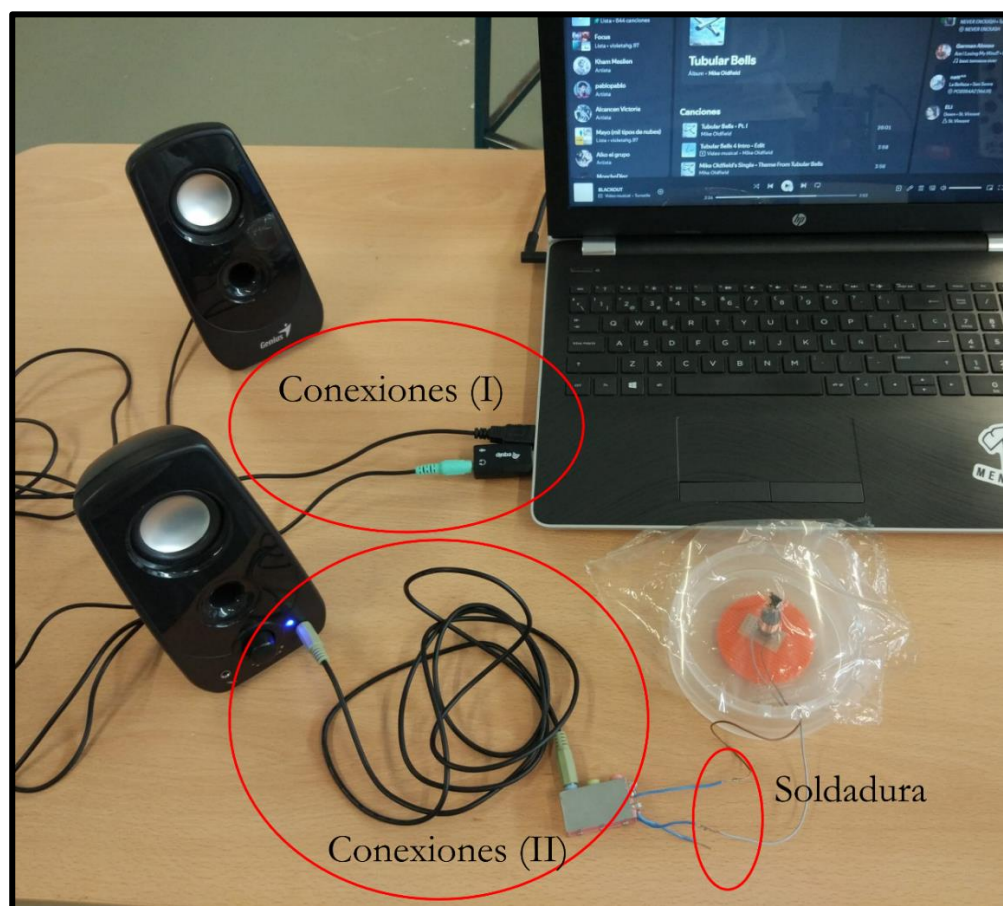


Figura 22: montaje del altavoz. Se incluye la imagen para entender las conexiones.

10.4 Encendiendo un LED de manera inalámbrica (II)

Objetivo

Fabricar un circuito oscilante capaz de inducir una corriente en una espira y encender un LED. Un circuito oscilante genera una corriente alterna, en nuestro caso, gracias a un pequeño dispositivo electrónico llamado transistor. Esta corriente produce un campo magnético variable. Como sabes, un campo magnético variable puede inducir una corriente eléctrica en otro circuito. Si este circuito tiene un LED, se podrá encender de manera inalámbrica, sin necesidad estar conectado a ningún enchufe.

Materiales

- Hilo de cobre
- Papel de lija
- Soporte para bobinar (tubo de plástico).
- Cinta adhesiva
- Componentes electrónicos: LEDs rojos, transistor BC548 o 2N2222, resistencia de 4700 ohmios.
- Placa de circuitos
- Soldador

Procedimiento

1. Fabricar la bobina del LED. Enrollar unas 50 vueltas de hilo de cobre en el tubo de plástico, sacar con cuidado y encintar para que no se deshaga el bobinado.
2. Soldar el LED a los terminales de la bobina anterior.
3. Fabricar la bobina inductora. Para ello, enrollar unas 25 vueltas de hilo de cobre en el tubo de plástico. Entonces, dejar una derivación, es decir, un lazo de hilo, y seguir enrollando otras 25 vueltas. Sacar con cuidado y encintar para que no se deshaga el bobinado.
4. Fabricar el circuito de la bobina inductora (ver figura 23). Primero se montará el circuito en una placa de pruebas. Los tres terminales de la bobina se conectan a tres filas diferentes de la placa, a través de un conector. Luego se realizan las siguientes conexiones: la derivación central se conecta al polo positivo de la pila a través de

un cable. Un terminal se conecta a la base del transistor a través de la resistencia. El otro terminal se conecta al colector del transistor. El emisor del transistor se conecta al terminal negativo de la pila a través de un cable. Entre la base y el emisor se conecta un LED que brillará siempre que haya corriente en el circuito.

5. Conectar los terminales al polo positivo y negativo de la pila. El LED de la placa de pruebas se encenderá si las conexiones son correctas. Acercar la bobina del LED y comprobar que éste se enciende.
6. Pasar el circuito a una placa base, soldando los componentes en las mismas posiciones que en el circuito anterior.

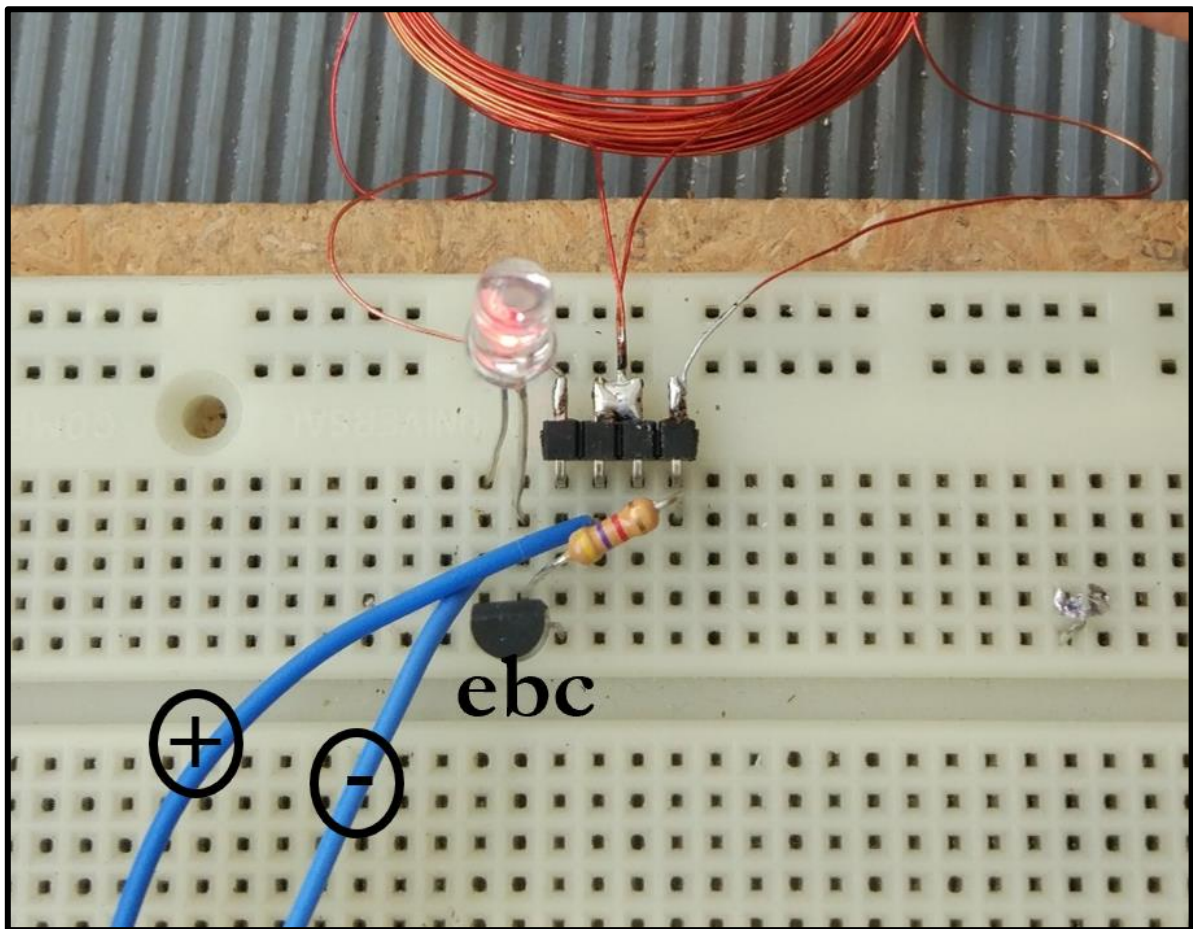


Figura 23: circuito de la bobina inductora. Conexiones realizadas en una placa de pruebas. Las letras indican la posición del colector, la base y el emisor en el transistor. El signo + y - indican a qué polo de la pila se conecta cada cable.