



Universidad de Valladolid

**¿QUÉ ES QUIÉN EN EL ELECTROMAGNETISMO?,
PROPUESTA DE APRENDIZAJE A TRAVÉS DEL
DESARROLLO HISTÓRICO DE LA CIENCIA**

**MÁSTER EN PROFESOR DE EDUCACIÓN SECUNDARIA
OBLIGATORIA Y BACHILLERATO, FORMACIÓN
PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS**

Especialidad en Física y Química

**Trabajo de Fin de Máster
Curso 2021/2022**

**Autor: Roberto Refoyo Cabezas
Tutora: Ana María Grande Sáez**

Julio 2022

*“He ahí un hermoso secreto para soñar
y hacer de nuestra vida una hermosa aventura.
Nadie puede pelear la vida aisladamente.
Se necesita una comunidad que nos sostenga,
que nos ayude y en la que nos ayudemos
unos a otros a mirar hacia delante”
Papa Francisco, “Fratelli Tutti”, 3/10/2020*

*A todos aquellos
que me habéis apoyado éste último año,
Gracias de todo corazón,
sin vosotros no lo habría logrado,
Roberto.*

Resumen

La propuesta recogida en el presente trabajo de fin de Máster tiene por objetivo el ayudar a los alumnos de la asignatura de Física de segundo de bachillerato a entender mejor los fenómenos electromagnéticos a través de la identificación y conocimiento de los hitos más importantes de la historia del electromagnetismo y la construcción del conocimiento científico.

Las actividades diseñadas están enfocadas hacia el trabajo con recursos digitales. Se elaborarán infografías mediante búsquedas webgráficas y la utilización de aplicaciones virtuales interactivas, las cuales serán presentadas oralmente a terceros, trabajando así la motivación de los alumnos hacia las ciencias, y trabajando diferentes competencias claves como la comunicación lingüística, la competencia digital, y las competencias básicas en ciencia y tecnología.

Abstract

The proposal contained in this work aims to help the students of the course in “Physics” of 2nd of bachillerato. The main objective is to improve the understanding of electromagnetic phenomena by means of the identification of its most important milestones in the history of electromagnetism. The construction of scientific knowledge is also covered in this Thesis.

The designed activities are focused on working with digital resources. Infographies will be made through webgraphic research and the use of virtual interactive applications. These will be orally presented to third parties, working different core skills. Examples are linguistic communication, digital and basic skills in science and technology.

0.- Índice

1.- Introducción.....	pág.01
1.1.- Planteamiento del problema y Justificación.....	pág.02
1.2.- Objetivos generales.....	pág.04
1.3.- Estructura de la memoria	pág.04
2.- Marco teórico	pág.06
2.1.- Investigaciones previas	pág.06
2.2.- Marco legislativo actual	pág.07
2.3.- Desarrollo de competencias	pág.08
2.4.- Didáctica de la física	pág.09
2.5.- Didáctica del Electromagnetismo	pág.13
2.6.- Empleo de recursos TIC en la enseñanza	pág.15
3.- Metodología	pág.19
3.1.- Propuesta de Intervención	pág.19
3.2.- Contexto y destinatarios	pág.31
3.3.- Descripción de actividades y recursos	pág.33
3.4.- Temporalización	pág.44
3.5.- Evaluación	pág.45
4.- Conclusiones	pág.48
5.- Referencias	pág.50
6.- Anexos	pág.52
Anexo I: Rúbrica de evaluación	pág.52
Anexo II: Cuestionario final	pág.54
Anexo III: Ejemplos de Infografías entregables de la Sesión 3	pág.58

Índice de Tablas:

Tabla 1: Contenidos de la asignatura “Física y Química” para 3º de la ESO.....	pág.10
Tabla 2: Contenidos de la asignatura “Física y Química” para 4º de la ESO.....	pág.11
Tabla 3: Contenidos de la asignatura “Física y Química” para 1º de bachillerato.....	pág.11
Tabla 4: Contenidos de la asignatura “Física” para 2º de bachillerato.....	pág.12
Tabla 5: Distribución temporal de las semanas, sesiones y actividades que componen la propuesta didáctica.....	pág.44
Tabla 6: Extracto de la rúbrica de evaluación de los alumnos.....	pág.46
Tabla 7: Rúbrica de evaluación de los alumnos para la primera semana.....	pág.52
Tabla 8: Rúbrica de evaluación de los alumnos para la segunda semana.....	pág.53

Índice de figuras:

Figura 1: Captura de pantalla del simulador interactivo PhET de la Universidad de Colorado. Simulación “Magnets and electromagnets”. Fecha de consulta: 04/07/2022.....	pág.17
Figura 2: Caída de relámpago en tormenta eléctrica.....	pág.22
Figura 3: Esquema original de la Pila Daniell.....	pág.24
Figura 4: Retrato de James Clerk Maxwell procedente de la James Clerk Maxwell Foundation.....	pág.26
Figura 5: Ejemplo de infografía. Plantilla con licencia Creative Commons del repositorio Freepik.es.....	pág.30
Figura 6: Experimento de Ørsted, imagen de la Sala de Electromagnetismo del Museo Virtual del Consejo Superior de Investigaciones científicas de España y la Fundación BBVA en la Escuela.....	pág.35
Figura 7: Captura de pantalla del panel de trabajo de Genial.ly.....	pág.38
Figura 8: Ejemplo 1 de infografía sobre la historia del electromagnetismo que los estudiantes deben realizar en la sesión 3.....	pág.58
Figura 9: Ejemplo 2 de infografía sobre la historia del electromagnetismo que los estudiantes deben realizar en la sesión 3.....	pág.59

Relación de recursos online:

Ancestry Images	(https://www.ancestryimages.com/)
Audacity	(https://www.audacityteam.org/)
Befunky	(https://www.befunky.com/es/)
Canva	(https://www.canva.com/es_es/)
Codigos-qr.com	(https://www.codigos-qr.com/)
Desygner	(https://desygner.com/es/)
Endless Icons	(https://endlessicons.com/)
Faraday Museum	(https://www.museumslondon.org/museum/53/the-faraday-museum)
Flaticon	(https://www.flaticon.es/)
Flickr	(https://www.flickr.com/)
Flyermaker	(https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bg.flyermaker&hl=es&gl=US)
Freepik	(https://www.freepik.es/)
Genial.ly	(https://genial.ly/es/)
Google Presentations	(https://www.google.es/intl/es/slides/about/)
Hemeroteca de la Biblioteca Nacional de España	(http://www.bne.es/es/Catalogos/HemerotecaDigital/)
Infogram	(https://infogram.com/)
Instagram	(https://www.instagram.com/)
James Clerk Maxwell Foundation	(https://www.clerkmaxwellfoundation.org/)
Lab4Physics	(https://lab4u.co/es/lab-en-tu-bolsillo/lab4physics/)
Labster	(https://www.labster.com/)
Moodle	(https://docs.moodle.org/es/Acerca_de_Moodle)
Miro.com	(https://miro.com/)
One-Note	(https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/onenote/digital-note-taking-app)
Openphoto	(https://openphoto.net/)
PhET U.Colorado	(https://phet.colorado.edu/es/)
Physics Lab	(http://www.physicslab.org/)
Piktochart	(https://piktochart.com/)
Pinterest	(https://www.pinterest.es/)
Pixabay	(https://pixabay.com/es/)
Qrcode.es	(https://www.qrcode.es/es/home/)

Slidelab	(https://apps.apple.com/es/app/slidelab-slideshow-maker/id1541306488)
Slides.com	(https://slides.com/)
Splendid App Maker	(https://play.google.com/store/apps/dev?id=5819342261711162750&hl=es&gl=US)
Tracker	(https://physlets.org/tracker/)
Twitter	(https://twitter.com/?lang=es)
Unsplash	(https://unsplash.com/)
Vimeo	(https://vimeo.com/es/)
Vistacreate	(https://create.vista.com/es/)
Wikimedia Commons	(https://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page)
Wordpress	(https://wordpress.com/es/)
Youtube	(https://www.youtube.com/?hl=es&gl=ES)

Listado de abreviaturas:

(ds)	Reactivo en disolución
(s)	Reactivo sólido
AA	Aprender a aprender
ABI	Aprendizaje basado en indagación
CCL	Comunicación lingüística
CD	Competencia digital
CEC	Conciencia y expresiones culturales
CMCT	Competencia Matemática y Competencias básicas en Ciencia y Tecnología
CSC	Competencias sociales y cívicas
Cu	Cobre
e ⁻	Electrón
EBAU	Evaluación del Bachillerato para el Acceso a la Universidad
EM	Electromagnetismo
ESO	Educación secundaria obligatoria
ETSII	Escuela técnica superior de ingenieros industriales
IEE	Iniciativa y espíritu emprendedor
LOMCE	Ley Orgánica para la mejora de la calidad educativa
LOMLOE	Ley orgánica de la modificación de la ley orgánica de educación
PIB	Producto interior bruto
S.	Siglo

STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
TIC	Tecnología de la información y la comunicación
UE	Unión Europea
Zn	Zinc

1.- INTRODUCCIÓN:

Uno de los pilares básicos de la física es el electromagnetismo. La fuerza electromagnética junto con la fuerza nuclear débil, la fuerza nuclear fuerte y la fuerza de la gravedad, conforman las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza.

Los fenómenos electromagnéticos los experimentamos a diario en nuestras vidas cotidianas, desde los rayos que vemos cuando hay tormentas eléctricas, pasando por la electricidad de nuestros enchufes en casa, las telecomunicaciones, los imanes de neodimio, e incluso las descargas de electricidad estática que experimentamos al tocar una superficie metálica.

Sin embargo, aunque los efectos del electromagnetismo sí que se experimentan en nuestra realidad cotidiana, el estudio de los principios fundamentales que rigen las fuerzas electromagnéticas no es intuitivo, requiere de un cierto nivel de abstracción y un aparato matemático que dificultan la tarea. Conceptos como el campo de fuerzas, el potencial eléctrico, fenómenos como la inducción electromagnética, la fuerza electromotriz, e instrumentos matemáticos como el manejo de vectores y el cálculo integro-diferencial suponen una barrera para el estudiante que afronta por primera vez un curso de electromagnetismo, percibiendo sólo un conjunto de ecuaciones teóricas que debe aprender de memoria para aprobar el examen, sin llegar a comprender la naturaleza de los conceptos que está manejando.

En este punto, el docente debe de ser puente entre el conocimiento y el alumno, debe ser capaz de llevar todo ese conocimiento al nivel del disciente de manera que el alumno pueda comprender los principios físicos subyacentes relativos al electromagnetismo, incorporarlos a sus estructuras de conocimiento previas y ser capaces de explicarlos con sus propias palabras. Además de la transmisión de conocimientos procedimentales, otro de los retos más importantes de un docente de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Formación Profesional es la de poder dotar a los alumnos de una serie de métodos y herramientas de aprendizaje e indagación que trabajen las competencias, aptitudes y habilidades más importantes para el desarrollo integral de los estudiantes, como expone Delors, J. (1996) en “Los cuatro pilares fundamentales de la Educación” [1] hay que “aprender a aprender”, dar las

herramientas necesarias a los alumnos para que sean capaces de aprender por sí mismos.

Las nuevas metodologías para la enseñanza del electromagnetismo tanto en secundaria como en los primeros cursos de universidad abogan por combinar la enseñanza tradicional junto con actividades prácticas, experiencias de cátedra e inclusión de recursos complementarios como las TIC's. El estudio de la historia del electromagnetismo puede ayudar a comprender mejor las leyes y los conceptos manejados en electromagnetismo.

En el presente trabajo de fin de máster se presenta una propuesta didáctica enfocada a alumnos de 2º de bachillerato de la especialidad de Ciencias donde se realizará un repaso por los hitos más importantes de la historia del electromagnetismo.

El objetivo fundamental de la presente propuesta educativa es la identificación y el conocimiento de los hitos más importantes de la historia del electromagnetismo, además se pretende que los alumnos conozcan el método científico y la construcción de conocimiento a lo largo del tiempo así como la comprensión de la evolución de las teorías y experimentos más importantes de la historia del electromagnetismo y su relación con los conceptos estudiados en clase.

1.1.- Planteamiento del problema y Justificación:

Como se mencionará más adelante en el 2º capítulo de la presente memoria, actualmente en el currículum de la asignatura de "Física" de 2º de bachillerato se abordan conceptos relacionados con el electromagnetismo, cargas, campos eléctricos y magnéticos, inducción electromagnética, ley de Ampère, leyes de Faraday-Lenz y fuerza electromotriz y se aprende a resolver problemas básicos.

Sin embargo aunque en ocasiones los alumnos son capaces de resolver los problemas propuestos en la asignatura, no acaban de comprender bien los conceptos manejados en electromagnetismo, ni las relaciones existentes entre los mismos.

Dos son las barreras más importantes a las que un estudiante se enfrenta a la hora de estudiar un curso de electromagnetismo, primeramente el alto nivel de abstracción requerido para entender la naturaleza de los diferentes elementos y fenómenos que envuelven el electromagnetismo. La segunda dificultad es el complejo aparato matemático que se maneja, el estudiante debe estar familiarizado con el manejo de vectores, el cálculo integro-diferencial, cierta familiaridad con la visión espacial, y manejar con soltura instrumentos

matemáticos que ayudan a construir las leyes del electromagnetismo.

Ésta propuesta didáctica pretende realizar un acercamiento a la historia del electromagnetismo para dotar al alumno de una “cultura científica”, además se pretende que el alumno conozca cómo ha sido el desarrollo de la ciencia y en concreto del electromagnetismo. Al final de la actividad el alumno podrá entender cómo se construye el conocimiento científico a lo largo del tiempo y cómo cada generación se apoya en los descubrimientos de la anterior para generar teorías científicas que van poco a poco modelando la realidad.

Es importante señalar que muchas ocasiones el estudiante considera la obra científica como resultado de una genialidad o intuición propia de mentes privilegiadas, la admiración de determinadas obras que revolucionaron los cimientos de la ciencia es justa, pero puede ser contraproducente para los alumnos que las perciban sólo como fruto del talento innato y no como resultado del trabajo, el tiempo y la dedicación. Las diversas actividades propuestas ayudan a que el alumno comprenda que las grandes obras científicas son fruto del trabajo continuo y que la paciencia y la perseverancia contribuyen tanto o más que otras cualidades del científico a la hora de perseguir los objetivos marcados.

Por ello, un segundo objetivo de esta propuesta es, en cierta manera, desmitificar la figura del científico y acercarla al estudiante, de manera que el alumno no conozca sólo la ley o la teoría que desarrolló un determinado científico, si no que comprenda también en qué época y contexto desarrolló su trabajo, aspectos de su biografía o personalidad, y qué problemas o dificultades atravesó.

En definitiva esta propuesta pretende aportar al alumno una visión de la ciencia y el electromagnetismo diferente a la habitual, una visión complementaria que pueda motivar al estudiante, acercarle a la ciencia y despertar su vocación científica poniendo el acento en las personas que dudaron, que debatieron y que contribuyeron con su vida y su trabajo al desarrollo del conocimiento.

1.2.- Objetivos generales:

Desde esta propuesta didáctica se pretenden cubrir los siguientes objetivos, que además de ser objetivos con respecto al conocimiento que el alumno debe adquirir, sino también con las habilidades, destrezas y competencias que pretendemos desarrollar en el alumnado:

- Identificación y conocimiento de los hitos más importantes de la historia del electromagnetismo.
- Descubrimiento del método científico y de la construcción del conocimiento científico a través de la historia.
- Comprensión de la evolución de las teorías y experimentos más importantes de la historia del EM y relación con los conceptos estudiados en clase.
- Desarrollo de las habilidades interpersonales de comunicación, intercambio de ideas, trabajo en equipo, organización grupal, gestión de tiempos y objetivos.
- Desarrollo habilidades basadas en la investigación con recursos de Internet, habilidad para encontrar y validar información. Desarrollo del pensamiento crítico
- Utilización de aplicaciones virtuales interactivas para la elaboración de infografías para ser presentadas a terceros.
- Análisis, redacción y comunicación tanto oral como escrita.
- Organización de la información científica así cómo consulta de diferentes fuentes bibliográficas y referenciar las mismas.
- Familiarización con las TIC's dentro y fuera del aula y cómo trabajar con ellas.
- Evaluación de la viabilidad y éxito de la propuesta didáctica presentada para el implemento de futuras mejoras.

1.3.- Estructura de la memoria:

La presente memoria se estructura en 4 capítulos. En el primer capítulo llamado "Introducción" se realiza el planteamiento y la justificación de la presente propuesta educativa, se recogen los objetivos principales que se persiguen con la memoria y una breve estructura de la misma.

El segundo capítulo, "Marco teórico" trata sobre los antecedentes de la didáctica de la Física en bachillerato, el marco legislativo actual, las teorías y métodos más importantes sobre la didáctica de la física y el electromagnetismo, una descripción de las competencias que entran en juego y el papel que las TIC's desempeñan dentro de la enseñanza.

En el tercer capítulo, "Metodología" se describe la intervención, un hipotético escenario donde se llevaría la propuesta, una descripción de las actividades y recursos utilizados durante el desarrollo de la misma, así como una temporalización. Finalmente se proporcionará un método de evaluación para valorar el éxito de la implantación de la propuesta.

En el cuarto capítulo se recogerán las conclusiones más importantes obtenidas mediante el planteamiento y la realización de ésta propuesta.

2.- MARCO TEÓRICO

Durante las próximas páginas se hará una revisión de investigaciones previas en el campo de la didáctica de la Física y más concretamente del Electromagnetismo. Se estudiará el marco legislativo actual donde se desarrolla la presente propuesta educativa y, a continuación, se detallarán las siete competencias clave que debe desarrollar cada alumno al final de 2º de bachillerato. Las tres últimas secciones se dedicarán a la didáctica de la física, la didáctica del electromagnetismo y los potenciales beneficios que conllevan la incorporación de las TIC's al proceso de enseñanza/aprendizaje de la física.

2.1.- Investigaciones previas:

En las últimas décadas encontramos numerosos trabajos de investigación basados en un aprendizaje constructivista que se apoya en los conocimientos previos del alumno, en el favorecimiento del aprendizaje responsable por el alumno, así como la presencia de metodologías y entornos flexibles y trabajos y actividades que impliquen la resolución de problemas concretos, un ejemplo de esto mismo es el trabajo publicado por Meneses, J.A. y Caballero M.C. (1995) [2] o la investigación de Cudmani, L.C. y Fontdevila, P.A. (1990), [3] donde remarcan la importancia de las concepciones previas de los alumnos y cuestionan el método tradicional de enseñanza basado en ir desde los conceptos más simples a los más complejos.

Investigaciones más modernas proponen el uso de nuevas tecnologías para la enseñanza del electromagnetismo, así Bravo, B. et al. (2018) [4] diseña una propuesta didáctica donde se estudia el fenómeno de la inducción electromagnética a partir del uso de simulaciones informáticas y otros recursos digitales, o Martín, M. y Barneto, A. (2006) [5] donde enfocan el aprendizaje del electromagnetismo a través del uso de simulaciones interactivas escritas en Java. Podemos encontrar tendencias similares en Iberoamérica, así por ejemplo el trabajo de Cadena González, M. et al (2019) [6], donde demuestran el impacto directo de las TIC's en los resultados académicos, o la propuesta publicada por Queiruga-Dios, M.A. et al. (2019) donde proponen el uso de smartphones para el estudio de contenidos de física (movimientos, fuerzas y energía) [7].

Sin embargo no hay que descartar métodos más tradicionales y experiencias de cátedra, por ejemplo Capell Arques, C. (2011) propone la realización de un altavoz con dos CD's en una clase de estudiantes de secundaria [8] o Cyrulies, E. (2022), cuya propuesta es realizar actividades prácticas dentro del laboratorio para la construcción de una serie de dispositivos sencillos que permitan estudiar diferentes fenómenos electromagnéticos a partir de un motor EM obtenido de un microondas [9].

La Ley Orgánica de Modificación de la Ley Orgánica de Educación (LOMLOE) [10] establece un aprendizaje basado en las 7 competencias básicas recogidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible marcados por la Agenda 2030 [11], las cuales se desarrollarán más en las siguientes secciones de la presente memoria. Algunos autores ya han investigado sobre cómo trabajar por competencias dentro del aula, así Zúñiga Meléndez A. et al (2014) [12] hace una reflexión sobre la transición de una educación tradicional a una basada en competencias en alumnos de Argentina y Costa Rica.

Según la revisión bibliográfica preliminar, varias son las claves a incluir en la presente propuesta educativa, debe estar enfocada en un aprendizaje constructivista que parta de los conocimientos previos del alumno y construya conocimiento desde ahí. Se debe aplicar el aprendizaje por competencias, una metodología a seguir puede ser el trabajo por proyectos, donde los alumnos tienen que involucrarse más activamente en el proceso de aprendizaje. La última clave es la incorporación de las TIC's al aula, el cual parece tener un impacto positivo en el rendimiento del alumno.

2.2.- Marco legislativo actual:

La presente propuesta didáctica se desarrolla dentro de los contenidos correspondientes al bloque 3 titulado “Interacciones electromagnéticas” de la asignatura de “Física” para el segundo curso de bachillerato de Castilla y León. La propuesta está enfocada para un instituto de un barrio de clase media en la región de Castilla y León. Se supondrá que el alumnado tiene una edad de entre 17 y 20 años, con el objetivo de presentarse a las pruebas EBAU. Debido a que el calendario de implantación de la LOMLOE no afectará a 2º de bachillerato hasta el curso 2023/2024 se ha tomado el marco legislativo de la anterior ley educativa, la LOMCE. La legislación vigente para ésta propuesta didáctica está marcada por la orden de educación promulgada por la Junta de Castilla y León en el 2015 y por la ley Orgánica Nacional de 2013 para la Mejora de la Calidad Educativa de España, (LOMCE):

- **ORDEN EDU/363/2015, de 4 de mayo** [13], por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.
- **Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre**, [14] para la Mejora de la Calidad Educativa de España.

2.3.- Desarrollo de competencias:

La LOMCE propone una serie de 7 competencias básicas basadas en las recomendaciones del Consejo de la Unión Europea de 2018 [15] y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 [11] que cada estudiante debe desarrollar durante toda su etapa escolar desde primaria hasta bachillerato:

- **Comunicación Lingüística (CCL):** habilidad para utilizar la lengua, expresar ideas e interactuar con otras personas de manera oral o escrita.
- **Competencia Matemática y Competencias básicas en Ciencia y Tecnología (CMCT):** capacidad para aplicar el razonamiento matemático para resolver cuestiones de la vida cotidiana, habilidad para utilizar los conocimientos y metodología científicos para explicar la realidad que nos rodea; y cómo aplicar estos conocimientos y métodos para dar respuesta a los deseos y necesidades humanos.
- **Competencia Digital (CD):** Capacidad para el uso seguro y crítico de las TIC para obtener, analizar, producir e intercambiar información.
- **Iniciativa y Espíritu Emprendedor (IEE):** habilidades necesarias para convertir las ideas en actos, como la creatividad o las capacidades para asumir riesgos y planificar y gestionar proyectos.
- **Aprender a Aprender (AA):** implica que el alumno desarrolle su capacidad para iniciar el aprendizaje y persistir en él, organizar sus tareas y tiempo, y trabajar de manera individual o colaborativa para conseguir un objetivo.
- **Competencias Sociales y Cívicas (CSC)** capacidad para relacionarse con las personas y participar de manera activa, participativa y democrática en la vida social y cívica.
- **Conciencia y Expresiones Culturales (CEC)** capacidad para apreciar la importancia de la expresión a través de la música, las artes plásticas y escénicas o la literatura.

Se ha intentado cubrir la mayor parte de las competencias básicas a través del diseño de ésta propuesta educativa y las diferentes metodologías aplicadas. Las competencias que más se van a trabajar son la comunicación lingüística, aprender a aprender, el espíritu emprendedor, competencia digital y Competencia Matemática y Competencias básicas en Ciencia y Tecnología.

2.4.- Didáctica de la física:

Características tradicionales de la didáctica de la física y corrientes actuales:

Tradicionalmente la didáctica de la física ha presentado una serie de características que están siendo superadas con nuevos paradigmas de la enseñanza durante los últimos 20 años. Algunos de los paradigmas tradicionales que la didáctica de la física intenta transformar hoy en día son la concepción de la Física como un corpus teórico, centrado en contenidos disciplinares y desligado de las preocupaciones de la sociedad actual, la concepción de la física como el resultado de unos poquitos genios aislados y no de un trabajo colectivo continuo, y la falta de una visión histórica y del método científico que refleje la evolución de los diferentes conceptos, fórmulas y leyes manejadas. Las corrientes actuales educativas se enfocan más en una enseñanza centrada en el desarrollo de las competencias anteriormente descritas, planteando la enseñanza de la física de una forma más pragmática donde la construcción del conocimientos se organiza en torno a problemas centrados en la vida cotidiana del alumno y cuya resolución permiten desarrollar un pensamiento científico.

Dos problemas fundamentales que presenta la comunidad docente son la separación de la investigación didáctica de la práctica docente y la falta de colaboración entre investigadores y docentes de secundaria. Estos dos problemas se traducen en que el lenguaje de la investigación didáctica es distinto al lenguaje de la práctica docente, dificultando por tanto que los métodos e innovaciones generadas en la investigación lleguen finalmente al aula, y que los docentes de secundaria sean poco propensos a hacer investigación didáctica.

Didáctica de la física en el sistema educativo español:

En ésta sección se hará una comparativa de la enseñanza de las ciencias en los diferentes sistemas educativos en Europa y dónde se enmarca el sistema educativo español dentro de la Unión Europea para a continuación analizar el actual currículo de física y química desde 3º de la ESO hasta 2º de bachillerato.

Según el informe publicado sobre la Jornada Monográfica dedicada a la didáctica de la física y la química en los distintos niveles educativos, ETSII de la UP de Madrid (2005) [16] el sistema educativo de la mayoría de los países de la UE, incluido España consta de una etapa obligatoria de secundaria entre los 12 y 16 años, y donde se plantean diferentes itinerarios (ciencias, humanidades, artes) a partir de los 14 años, sin embargo, hay dos diferencias fundamentales entre el sistema educativo español y el resto de sistemas educativos de la UE, el número de horas dedicadas a las asignaturas de física y química es sensiblemente menor que en el resto de la UE, y las materias de física y química en el sistema educativo español forman parte de una misma asignatura hasta 1º de bachillerato mientras que en el resto de sistemas educativos de la UE las materias están separadas en distintas asignaturas.

Algunos aspectos generales del actual currículo de ciencias, marcado por la , LOMCE [14] son los siguientes: en la mayoría de cursos de secundaria hay una unidad didáctica dedicada única y exclusivamente a la introducción a la ciencia, otros puntos a destacar son la definición de ciencia y su relación con la realidad actual que vivimos y el entorno, algunos conceptos sobre el método científico y cómo se aplica, y el enfrentamiento entre ciencia y pseudociencia. A continuación se entrará en algo más de detalle en los currículos de los distintos cursos de Física y Química desde 3º de la ESO a 2º de bachillerato, desglosados por bloques y contenidos a impartir, extraídos de la Orden Educativa 363/2015 [13], que ordena la aplicación de la ley LOMCE [14] para la región de Castilla y León:

3º de la ESO:

Bloque introductorio	Bloque 1 “La actividad científica”: El método científico, unidades, uso de TIC’s, trabajo en el laboratorio.
Bloques de la parte de química	Bloque 2 “La materia”: Modelos atómicos, sistema periódico, enlaces, formulación
	Bloque 3 “Los cambios”, reacción química, estequiometría, química en sociedad y medioambiental
Bloques de la parte de Física	Bloque 4 “El movimiento y las fuerzas”: fuerzas, velocidad, fuerzas en la naturaleza
	Bloque 5 “Energía”: Electricidad y circuitos, fuentes de energía, uso racional de la energía.

Tabla 1: Contenidos de la asignatura “Física y Química” para 3º de la ESO

4º de la ESO:

Bloque introductorio	Bloque 1	“La actividad científica”: La investigación científica, vectores, dimensiones, errores, análisis de resultados.
Bloques de la parte de química	Bloque 2	“La materia”: Modelos atómicos, tabla periódica y configuración electrónica, enlaces químicos, formulación, química orgánica.
	Bloque 3	“Los cambios”, Reacciones y ecuaciones químicas, cinética, mol, estequiometría
Bloques de la parte de Física	Bloque 4	“El movimiento y las fuerzas”: el movimiento, movimientos simples, leyes de Newton, gravedad, presión, hidrostática, física atmosférica
	Bloque 5	“Energía”: Energía mecánica, cinética, potencial, trabajo, potencia y calor, máquinas térmicas.

Tabla 2: Contenidos de la asignatura “Física y Química” para 4º de la ESO

1º de bachillerato:

Bloque introductorio	Bloque 1	Estrategias necesarias de la actividad científica, TIC’s en el trabajo científico.
Bloques de la parte de química	Bloque 2	“Aspectos cuantitativos de la química”: Teoría de Dalton, leyes de los gases, fórmulas empíricas, disoluciones, espectroscopía y espectrometría
	Bloque 3	“Reacciones químicas”: Estequiometría, reactivo limitante, rendimiento, química e industria
	Bloque 4	“Reacciones químicas II”: Termodinámica, Energía de Gibbs y espontaneidad de las reacciones, impacto ambiental de las reacciones de combustión
Bloques de la parte de Física	Bloque 5	“Química del carbono”: Enlaces C-C, compuestos del carbono, aplicaciones, formulación, isomerías, petróleo y nuevos materiales
	Bloque 6	“Cinemática”: Sistemas de referencia, relatividad de Galileo, composición de movimientos, movimiento armónico simple
	Bloque 7	“Dinámica” Fuerzas de contacto y elásticas, impulso, momento lineal y angular, ley de la Gravitación universal, ley de Coulomb
	Bloque 8	“Energía”: Energía mecánica y trabajo, sistemas conservativos, energía cinética y potencial del movimiento armónico simple, diferencia de potencial eléctrico

Tabla 3: Contenidos de la asignatura “Física y Química” para 1º de bachillerato

2º de bachillerato:

Bloque introductorio	Bloque 1	“La actividad científica”: estrategias necesarias de la actividad científica, TIC’s en el trabajo científico.
	Bloque 2	“Interacción gravitatoria”: campo gravitatorio, campo conservativo, potencial gravitatorio, relaciones entre energía y movimiento orbital
	Bloque 3	“Interacción electromagnética”: campo, intensidad y potencial eléctrico, flujo eléctrico y ley de Gauss, campo magnético y cargas en movimiento, Ley de Ampere, Inducción electromagnética, flujo magnético, leyes de Faraday-Hery y Lenz, Fuerza electromotriz
Bloques de la parte de física	Bloque 4	“Ondas”: Ecuación de ondas, energía e intensidad, fenómenos ondulatorios, efecto Doppler, ondas transversales y longitudinales, sonido, efectos y aplicaciones, ondas electromagnéticas, espectro EM, dispersión, comunicaciones.
	Bloque 5	“Óptica geométrica”: Leyes de la óptica geométrica, lentes y espejos, el ojo humano, aplicaciones tecnológicas: instrumentos ópticos y la fibra óptica.
	Bloque 6	“Física del S.XX”, Teoría especial de la relatividad, energía relativista, física cuántica, orígenes, interpretación probabilística, aplicaciones, física nuclear, radiactividad, núcleo atómico, fusión y fisión nucleares, fuerzas y partículas fundamentales de la naturaleza, historia y composición del universo, fronteras de la física.

Tabla 4: Contenidos de la asignatura “Física” para 2º de bachillerato

Como se puede ver en los puntos anteriores, en los tres primeros cursos de secundaria, (3º, 4º de la ESO y 1º de bachillerato) la física y la química se dan en una sola asignatura, dedicando sólo dos bloques en 3º y 4º a la física, que son bloque 1 “actividad científica”, bloque 3 “fuerzas” y bloque 4 “energía”, cabe destacar, que aunque la programación en 3º y 4º sea la misma, lo que varía de 3º a 4º es la profundidad en la que se estudian esos mismos conceptos.

En 1º de bachillerato se dedican 4 bloques a la física, bloque 1 “actividad científica”, bloque 6 “cinemática”, bloque 7 “dinámica” y bloque 8 “Energía”, donde se estudian ya aspectos más fundamentales como el momento lineal, campos y leyes como la de la gravitación y la ley de Coulomb. Es el curso de 2º de la ESO donde la física y la química se dan en asignaturas separadas, permitiendo profundizar en más temas que en los cursos previos, así se estudian por bloques separados la interacción gravitatoria, la interacción electromagnética, ondas,

óptica geométrica, y el último bloque, física del S.XX, donde se estudian breves pinceladas de la teoría de la Relatividad Especial, física nuclear y física cuántica.

Aunque nuestra propuesta didáctica se podría adaptar a otros cursos como 4º de la ESO y 1º de bachillerato, se ha decidido que se lleve a cabo en 2º de bachillerato, porque es donde se estudia el electromagnetismo. Las particularidades de 2º de bachillerato suponen un reto añadido, ya que es un curso más corto en número de horas, más denso en contenidos, y en el cual los alumnos están enfocados en la realización de las pruebas EBAU, aun así, pensamos que esta propuesta aporta más ventajas que inconvenientes, permitiendo a los alumnos tener un mejor entendimiento de los conceptos del electromagnetismo y motivándoles a que se interesen por las carreras STEM.

2.5.- Didáctica del Electromagnetismo

Como ya se comentó en la anterior sección, en el actual marco legislativo español hasta 2º de bachillerato no se comienza a ver electromagnetismo, hasta entonces, sólo se ven pequeñas pinceladas de electricidad y circuitos electrónicos en 3º de la ESO, mientras que en los dos cursos siguientes se centran más en cinemática, dinámica y energía.

Habitualmente la enseñanza de Electromagnetismo en 2º de bachillerato y 1º de carrera se ha enfocado en un camino que parte desde la realidad cotidiana y de los conceptos aparentemente más simples hasta los conceptos más complejos y generales, este mismo camino es similar al desarrollo histórico del electromagnetismo.

Así, el bloque de electromagnetismo de 2º de bachillerato consta de los siguientes epígrafes:

Vectores, sistemas de coordenadas y cálculo integral:

Se abre el bloque con una introducción a los instrumentos matemáticos que se van a manejar en el resto del bloque: las operaciones básicas del cálculo vectorial, sistemas de coordenadas cartesianas, campos escalares, campos vectoriales, y cálculo de integrales simples

Electrostática:

El segundo epígrafe está dedicado a la electrostática, donde se ven los conceptos de carga eléctrica, distribución de carga, materiales conductores, ley de Coulomb, campo eléctrico, líneas de fuerza del campo eléctrico, intensidad del campo eléctrico y ley de Gauss.

Potencial eléctrico:

En este tercer epígrafe se trabajan los conceptos de potencial eléctrico, trabajo electrostático, energía potencial electrostática, y superficies equipotenciales.

Campo magnético:

Aquí se estudian los conceptos de campo magnético, experimento de Ørsted y su relación con cargas en movimiento, fuerzas ejercidas por el campo magnético, la acción de un campo magnético sobre un conductor de corriente rectilíneo y sobre un circuito, ley de Ampère, flujo magnético, campo magnético terrestre, fuerza de Lorentz, el espectrómetro de masas y los aceleradores de partículas.

Inducción electromagnética:

En el último epígrafe del bloque de EM se interrelacionan todos los conceptos vistos en anteriores temas y se formulan las leyes generales del electromagnetismo. Así se estudian el campo creado por distintos elementos de corriente, inducción electromagnética, leyes de Lenz y Farady-Lenz, fuerza electromotriz, y síntesis electromagnética de Maxwell.

En cursos de la ESO La metodología a utilizar será una metodología más práctica y enfocada al nivel de conocimiento del alumno, así por ejemplo en vez derivar la ley de Ohm a partir de las definiciones de campo eléctrico y densidad de corriente, se explica la ley de Ohm a partir de circuitos eléctricos, también se trabaja más con aspectos experimentales, por ejemplo, con explicaciones sencillas de los efectos que provocan los imanes o incluso experimentos prácticos como la fabricación de un motor electromagnético sencillo con un alambre, una pila y una espira de cobre, o la demostración de qué le pasa a una espira metálica cuando un imán se acerca o se aleja de la misma.

En cursos superiores (2º de bachillerato y universitarios) se trabajan ya con aparatos matemáticos más complejos, las leyes generales del electromagnetismo vendrán expresadas en sus formas diferenciales y se trabajan con conceptos como la definición integral de campo, potencial, trabajo, energía, superficies equipotenciales, líneas de campo y flujo.

Dos grandes dificultades a las que se enfrentan los alumnos a la hora de estudiar electromagnetismo son el alto nivel de abstracción que presentan los diferentes conceptos y definiciones manejados y el complejo aparato matemático con el que se trabaja, especialmente en cursos superiores, como consecuencia de esto, los alumnos llegan a la universidad sin tener

una idea clara de la naturaleza de algunos conceptos clave en Física como son el campo y el flujo. Para superar estas barreras, las metodologías más recientes proponen la incorporación de experimentos demostrativos y aplicaciones prácticas del electromagnetismo, así como la incorporación de TIC's

La presente propuesta didáctica no busca solventar estas dificultades, como ya se mencionó en el capítulo de introducción, uno de los objetivos que se persiguen con esta propuesta es dotar al alumno de una cultura científica, que aprenda cómo ha sido el desarrollo de la ciencia y en concreto del electromagnetismo y cómo se construye el conocimiento científico a partir de dos vías principales, por un lado la experimentación, que permite analizar fenómenos naturales, y por otro lado la teoría, que pretende dar un formalismo coherente de los hechos conocidos, guiando a su vez la experimentación y anticipando nuevos hechos. Así, con la presente propuesta se estudiarán también las implicaciones físicas de los trabajos de los científicos más relevantes de la historia del electromagnetismo.

En resumen, se pretende dar al alumno una visión complementaria, y diferente a la habitual, de la ciencia y su desarrollo, que muchas veces queda relegada por falta de tiempo en el curriculum escolar.

2.6.- Empleo de recursos TIC en la enseñanza

Las TIC's durante los últimos 30 años han cambiado la forma en que los jóvenes aprenden y se relacionan con el mundo, hoy el día el acceso a ordenador, internet y smartphone está completamente extendido. Los nuevos enfoques de enseñanza de la física centrados en un aprendizaje constructivista basado en el desarrollo de competencias abren la posibilidad de la incorporación de las TIC's en el aula. Como se ha comentado ya en la revisión bibliográfica, varias publicaciones (Bravo, B. et al. (2018) [4], Martín, M. y Barneto, A. (2006) [5], Cadena González, M. et al (2019) [6]) han demostrado que la inclusión de las tecnologías de la información y la comunicación en el proceso de enseñanza y aprendizaje mejoran la motivación y el rendimiento académico de los alumnos y les ayuda a crear nuevas formas de razonar. Con la incorporación de las TIC's el docente añade nuevas prácticas y métodos de enseñanza, y dentro del marco del aprendizaje constructivista, el docente se vuelve más como un guía del alumno que como un profesor tradicional.

A la hora de abordar el uso de las TIC's dentro del aula las podemos dividir en diversas categorías:

TIC's como apoyo en el proceso de enseñanza:

En esta categoría hablamos de recursos digitales utilizados como apoyo al docente a la hora de enseñar, hoy en día cada vez es más normal encontrar aulas digitalizadas que se encuentran equipadas con conexión a internet, proyector y ordenador, e incluso las más modernas cuentan también con pizarras táctiles digitales. Así, el profesor incorpora recursos audiovisuales a sus sesiones de clase a través del uso de paquetes de ofimática para proyectar diapositivas, recursos web como blogs, canales de vídeo, podcasts y revistas de divulgación científica, plataformas online de gestión del aprendizaje como Moodle, y One-Note, que ayudan a la tarea de organización del profesor.

TIC's que ayudan a promover una participación activa del alumno:

En esta categoría se incluyen todas aquellas herramientas y recursos que promuevan que el alumno sea más activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Un recurso excepcional para el objetivo propuesto es el uso de simuladores de procesos físicos, ya sea en forma de programas específicos para tal menester, o de forma online, ejemplo de éste son las simulaciones PhET, simulaciones interactivas online de distintos procesos físicos y químicos enfocadas a estudiantes de primaria y secundaria elaboradas por la Universidad de Colorado.

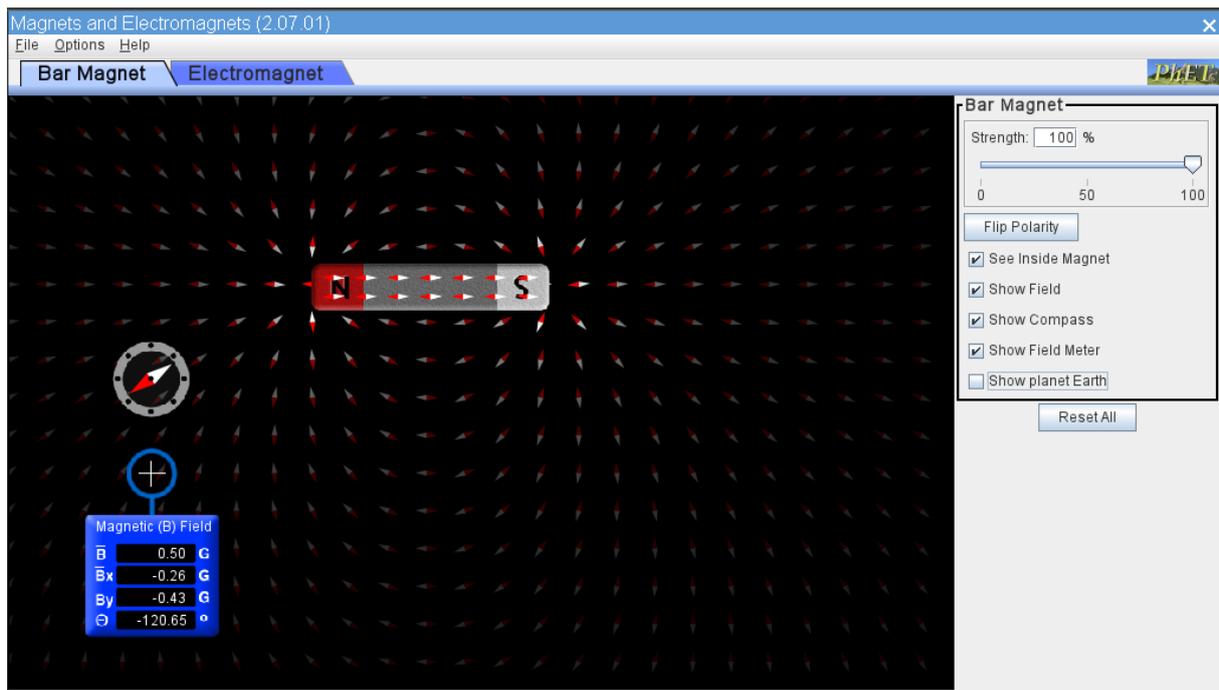


Figura 1 : Captura de pantalla del simulador interactivo PhET de la Universidad de Colorado. Simulación "Magnets and electromagnets". Fecha de consulta: 04/07/2022.

La gran ventaja de los simuladores es que permiten representar el comportamiento de diferentes fenómenos naturales que serían complicado de hacer por métodos tradicionales, otra ventaja igual de importante es que pueden repetir el proceso cuantas veces necesiten, cambiar variables, entender más a fondo el fenómeno sin tener que usar material caro o peligroso. Otro recurso parecido al anterior, pero que no es exactamente simulación, es el uso de prácticas de laboratorio virtuales, ejemplos de esto son las herramientas de creación de contenido digital interactivo para la creación de experiencias de aprendizaje como son Genial.ly y Canva

TIC's dentro del laboratorio

Gracias al avance en la tecnología y la informática, hoy en día se cuenta con multitud de recursos que se pueden utilizar dentro del laboratorio, por ejemplo, un smartphone cuenta con un procesador a la altura de cualquier equipo de sobremesa, una sofisticada óptica para la toma de imágenes y un conjunto de sensores de todo tipo, como pueden ser antenas de recepción de ondas de radio, acelerómetros, y los más sofisticados cuentan incluso con medidor de temperatura y presión. Con el software adecuado un smartphone se puede transformar en una poderosa herramienta de toma de datos, algunos ejemplos de apps para el laboratorio son Physics Lab, Labster y Lab4Physics.

También existen programas para ordenador que pueden ser usados para la toma de datos en experimentos físicos a través del jack de audio o la entrada de imagen a través de una webcam, dos ejemplos son Tracker, un programa de procesamiento de imagen que permite grabar en vídeo una caída libre, y mediante un posterior tratamiento de vídeo, poder obtener magnitudes físicas como posición, tiempo y velocidad del objeto en caída libre, otro programa de software libre es Audacity, pensado para el tratamiento avanzado de archivos de sonido.

3.- METODOLOGÍA

En las siguientes páginas de la presente memoria se va a exponer y detallar la propuesta educativa elaborada a partir del contexto educativo actual, el marco teórico, metodológico y legislativo, e investigaciones previas llevadas a cabo en la didáctica de la física y el electromagnetismo. La presente propuesta educativa se titula “¿Qué es quién en el electromagnetismo?, Propuesta de aprendizaje a través del desarrollo histórico de la ciencia” donde se busca que los alumnos del 2º curso de bachillerato aborden el estudio del electromagnetismo desde un punto de vista diferente, donde aprendan cómo funciona el método científico y cómo se construye el conocimiento científico a lo largo del tiempo.

En la primera sección se hará una descripción global de la propuesta y los objetivos más relevantes que se persiguen, en la segunda sección, titulada “Contexto y destinatarios” se presentará un escenario hipotético y una descripción de los posibles destinatarios de la misma. La tercera sección está destinada para la relación de actividades propuestas y los recursos tanto materiales como de personas que se destinarían para cada actividad. La cuarta sección se titula “Temporalización”, en ella se realizará un plan de fechas, lugares, tiempo dedicado a cada sesión y tiempo para el trabajo de los alumnos en casa, y número de sesiones para el desarrollo de la propuesta didáctica. Finalmente en la quinta sección se relatarán los métodos de evaluación diseñados para la propuesta, tanto para evaluar a los alumnos como para evaluar el éxito de la propia propuesta educativa y proponer mejoras futuras.

3.1.- Propuesta de Intervención

Como ya se mencionó en el anterior capítulo, la propuesta didáctica que recoge la presente memoria ha sido diseñada para que los alumnos de 2º de bachillerato trabajen de una forma diferente los contenidos recogidos en el Bloque 3 de la asignatura de “Física” titulado “Interacción electromagnética” donde se estudian, entre otros conceptos, los campos eléctricos y magnéticos, cargas eléctricas en movimiento y los fenómenos asociados a la inducción electromagnética

Para ello se ha diseñado una metodología de trabajo y una serie de actividades basadas en una implicación más activa por parte de los alumnos en el proceso de aprendizaje con la

incorporación de las TIC's y los aprendizajes colaborativos y por indagación, así mismo también los alumnos aprenderán cómo hablar en público y exponer los resultados de su propio trabajo por diferentes vías. Para ello, en los siguientes epígrafes se hará un resumen sobre en qué consiste la propuesta y unas breves pinceladas sobre el contenido a tratar, y las metodologías que se van a utilizar.

¿En qué consiste la Propuesta?

La actividad principal es la realización de un trabajo de investigación por parte de los alumnos sobre los avances en el electromagnetismo en las diferentes épocas históricas. A lo largo de varias sesiones distribuidas en dos semanas, los estudiantes harán un viaje de descubrimiento que parte desde dos pequeños experimentos en el aula con una brújula, un imán y un cable eléctrico hasta el descubrimiento de la relatividad espacial de Einstein.

Proponemos que la propuesta se desarrolle en la asignatura de “Física” del 2º curso de bachillerato de la modalidad de ciencias después de finalizar el Bloque 3 “Interacción electromagnética”, que corresponde con la finalización del periodo de exámenes de la primera evaluación a primeros de diciembre, así se propone que ésta actividad se desarrolle durante las dos semanas previas antes de las vacaciones de navidad, entre la segunda y cuarta semana de diciembre, donde los alumnos tienen menos carga de trabajo. Además en éste punto los alumnos ya poseen un conocimiento sobre los conceptos básicos del electromagnetismo, y ésta actividad les ayudará a comprender mejor la naturaleza de los diferentes conceptos manejados, las interrelaciones que hay entre ellos, ya que no son intuitivas, y los avances que la comunidad científica ha hecho a lo largo de la historia para pasar desde los fenómenos observables hasta la creación de un marco formal y teórico de los mismos.

Todas las actividades desarrolladas se han cimentado sobre tres aspectos importantes, el aprendizaje por descubrimiento, que implica que los alumnos tengan que involucrarse más activamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, el trabajo grupal y colaborativo, donde los alumnos desarrollarán competencias blandas como habilidades interpersonales de comunicación, organización grupal o gestión de tiempos, tareas y objetivos, y el tercer aspecto es la incorporación de las TIC's a lo largo de todas las actividades, ya sea en forma de investigación online o de confección de documentos visuales.

Los alumnos trabajarán por grupos en diferentes actividades cuya finalidad es el descubrimiento de los hitos, nombres y experimentos más importantes de la historia del

electromagnetismo desde la Edad Antigua hasta nuestros días, cada grupo trabajará una época distinta, con la finalidad de integrar después todos los trabajos y crear una historia global del electromagnetismo. Una vez tengan toda la información, los alumnos deberán organizarla y presentarla por diferentes medios, tanto escrito, oral como visual, para ello se proponen diferentes entregables, un informe escrito, una serie de infografías y una presentación oral.

La propuesta de trabajo se distribuye en 4 sesiones de trabajo en el aula repartidas a lo largo de dos semanas. En la primera sesión, titulada “Introducción, una historia de pioneros y electromagnetismo”, a partir de los experimentos electromagnéticos de Ørsted y Faraday realizados en clase y de un debate inicial, los alumnos tendrán una toma de contacto inicial con la historia del electromagnetismo y formarán los diferentes grupos de trabajo donde cada grupo trabajará en una época distinta, las épocas propuestas son: Edad Antigua, Edad Media, S.XVIII, S.XIX, y Edad Contemporánea (S.XX y XXI).

La segunda sesión, “Investiguemos, ¿quién descubrió qué y cuándo?”, está centrada en la investigación bibliográfica y webgráfica, en esta sesión los alumnos deberán buscar información sobre descubrimientos, inventos y científicos más importantes de cada época y entregar un informe escrito donde recojan 5 inventos, un resumen de un científico relevante de la época y 5 referencias bibliográficas.

En la sesión 3 “Creemos: líneas de tiempo e infografías geniales” los alumnos deberán tomar todos los resultados obtenidos de la anterior sesión y plasmarlos en varias infografías realizadas con una aplicación interactiva virtual.

Por último, la cuarta sesión, “Presentemos: Reconstruyamos la historia del electromagnetismo”, estará dedicada a poner en común los trabajos de todos los grupos. Cada grupo hará una exposición oral ante toda la clase presentando sus infografías y experimentos si así lo desean, y se cerrará la actividad con un debate final donde los estudiantes puedan expresar sus impresiones sobre el trabajo desarrollado a lo largo de estas dos semanas.

Se ha diseñado el apartado de evaluación desde dos puntos de vista distintos, el primer punto es la evaluación a los alumnos, que se realizará mediante una rúbrica y los diferentes entregables que se proponen para las sesiones 2, 3, y 4. Al finalizar la sesión 2, los alumnos deberán entregar por grupos un informe escrito que recoja al menos 5 descubrimientos, un científico relevante y 5 referencias bibliográficas, el entregable de la sesión 3 consiste en la entrega de las infografías elaboradas con aplicaciones virtuales interactivas, y en la sesión 4 la

actividad a evaluar será la exposición oral por grupos.

El segundo punto de vista es la evaluación de la actividad para identificar los puntos fuertes y los puntos débiles con vistas a introducir mejoras en la propuesta para futuros años, para ello se utilizará el feedback recogido por el profesor a lo largo de las dos semanas y un cuestionario final anónimo que los alumnos deberán responder.

Contenido a tratar: Breve historia del electromagnetismo.

Como los contenidos curriculares ya han sido tratados en el capítulo anterior, en éste epígrafe se hará una breve historia del electromagnetismo para centrar los contenidos sobre los que se quiere trabajar.

Desde tiempos inmemoriales la humanidad ha tenido experiencia de las fuerzas eléctricas y magnéticas a través de diversos fenómenos naturales que se dan en la vida cotidiana, por ejemplo los efectos provocados por los truenos durante las tormentas eléctricas son de sobra conocidos por todo el mundo. Otros fenómenos también conocidos aunque menos comunes son el fuego de San Telmo, consistentes en la aparición de pequeñas luminarias en los mástiles de los veleros en alta mar que atraviesan tormentas nocturnas.



Figura 2: Caída de relámpago en tormenta eléctrica

Otro fenómeno de sobra conocido es la electricidad estática, ya en la época griega Tales de Mileto observó que frotando tela y cuero sobre varias sustancias como el ámbar, podía atraer pequeños objetos como motas de polvo e incluso hacer saltar pequeñas chispas eléctricas.

Otra sustancia conocida no sólo por griegos, también en lugares tan remotos como China y Centroamérica, es la piedra magnética, capaz de atraer objetos de hierro. Es a partir de éste material que China pudo desarrollar la brújula en el siglo V. d.c., aunque hay indicios de que

la cultura Olmeca también conocía las propiedades de la piedra magnética en el 1000 a.c.

Animales que emiten descargas eléctricas como la raya eléctrica, el pez gato, y la anguila eléctrica también son conocidos desde antiguo, historiadores romanos como Plinio el Viejo comentan que los antiguos tuscanos eran conscientes del efecto adormecedor provocado por las descargas del pez gato.

Durante la Edad Media y el Renacimiento también se hicieron descubrimientos importantes, entre ellos se descubrió que una pequeña aguja imantada que girara libremente se orientaba siempre en la misma dirección, dando paso así al descubrimiento del campo magnético terrestre y el desarrollo de la brújula, instrumento que permitió mejorar la navegación y abrir nuevas rutas comerciales a lo largo del globo terrestre, así la brújula fue desarrollada en China en el siglo XI en China y poco tiempo después, en el S.XII en Europa.

En el S.XVII es cuando se acuña la palabra “electricidad” por Sir Thomas Browne, y se hicieron avances en las propiedades de las sustancias eléctricas, como el descubrimiento de los materiales conductores. Un avance crucial en este siglo fue la invención de las primeras máquinas generadoras de electricidad electrostática, dando así pie al estudio sistemático de los fenómenos electromagnéticos que se produciría en el siguiente siglo.

Durante los siglos XVIII y XIX se producen los avances más importantes en la historia del electromagnetismo, Así, a primeros del S.XVIII se crearon los primeros generadores de electricidad estática capaces también de acumular energía mediante el uso de un vidrio recubierto con aluminio por ambas caras. Otros avances importantes durante el S.XVII fue el descubrimiento de sustancias conductoras y sustancias aislantes (Stephen Gray, 1729), el descubrimiento de la polaridad positiva y negativa de la carga eléctrica y los potenciales eléctricos por Benjamin Franklin en 1752. En 1745 Pieter van Musschenbroek en la Universidad de Leyden inventó la botella de Leyden, un condensador que permitía almacenar grandes cantidades de electricidad. Henry Elles en 1757 fue uno de los primeros investigadores en sugerir que podría haber una conexión entre los fenómenos eléctricos y magnéticos. En 1784 Coulomb ideó la balanza de torsión, y con la que descubrió que la fuerza de atracción o repulsión de dos cargas es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, fenómeno que hoy se conoce como la ley de Coulomb. El último cuarto del S.XVIII vio el nacimiento de la electroquímica y la electricidad galvánica, por un lado Luigi Galvani en 1790 descubrió la estimulación de tejido muscular mediante la aplicación de dos electrodos

de diferentes metales, y por otro lado, Alessandro Volta descubrió que algunas reacciones químicas eran capaces de producir corriente eléctrica, dando así origen a la celda galvánica en el 1800.

La llegada del nuevo siglo, el S.XIX, vio el amanecer de las baterías y pilas galvánicas, siendo Alessandro Volta el creador de la primera pila, ésta consistía en varias placas de zinc y cobre unidas en paralelo y sumergidas en una salmuera donde se producían reacciones de oxidación-reducción de manera espontánea. Una iteración posterior la realizó John Frederic Daniell en 1836 creando la Pila Daniell, para crearla sumergió dos electrodos de zinc y cobre en dos disoluciones ácidas separadas unidas mediante un puente salino y los electrodos unidos por un hilo conductor.

La pila Daniell está basada en dos semirreacciones de oxidación-reducción que ocurren cada una de ellas en el ánodo y en el cátodo. En el ánodo el zinc se oxida pasando de zinc metálico a zinc catión en disolución y desprendiendo dos electrones según la siguiente reacción:



En el cátodo el sulfato de cobre en disolución se reduce tomando electrones y produciendo cobre metálico que se deposita en el electrodo según la siguiente semirreacción:

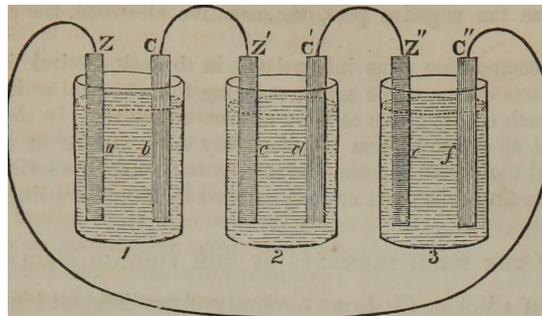
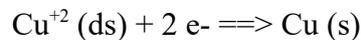


Figura 3: Esquema original de la Pila Daniell

Otra contribución importante al electromagnetismo durante los primeros años del S.XIX son la teoría del potencial eléctrico y cómo se distribuye la carga sobre la superficie de un cuerpo, formulada en 1813 por el físico y matemático francés Siméon-Denis Poisson.

El experimento de Hans Christian Ørsted en 1819, demostró que una aguja imantada se mueve cuando está en las proximidades de un hilo por donde circula corriente eléctrica,

dejando patente la relación existente entre electricidad y magnetismo, un tiempo después, Jean Baptiste Biot y Félix Savart, científicos franceses, formularon las bases teóricas de éste fenómeno, dando origen a la ley que lleva sus nombres.

En 1820 André-Marie Ampère demostró que dos corrientes eléctricas paralelas son capaces de atraerse o de repelerse dependiendo de si éstas circulan en la misma dirección o en dirección contraria. Otro hito importante lo marcaron por separado Michael Faraday y Joseph Henry, con el descubrimiento de la inducción electromagnética, que es como el “reverso” del experimento de Ørsted, demostraron que cuando existe un campo magnético variable en las proximidades de un circuito eléctrico, éste crea una corriente eléctrica inducida, también demostraron que un circuito por donde circula una corriente de electricidad variable en el tiempo es capaz de crear una corriente eléctrica inducida, que es la base de las dinamos y los transformadores, así Hippolyte Pixii en 1832 creó la primera dinamo, y el Dr. Antonio Pacinotti de Pisa en 1860 creó la primera máquina eléctrica “reversible” que podía ser utilizada para la generación de corriente o como motor eléctrico. Otros científicos dignos de mencionar son por ejemplo Georg Simon Ohm, físico y matemático alemán, en 1827 formuló la ley que lleva su nombre, la cual relaciona la intensidad, resistencia y voltaje en un circuito eléctrico, o James Prestcott Joule, físico inglés, que en 1841 encontró la relación entre la corriente eléctrica y el calor disipado en el metal conductor.

Uno de los mayores avances del S.XIX lo aportó el matemático alemán Friedrich Gauss, que contribuyó a aplicar la matemática pura al electromagnetismo, formulando así la ley de Gauss en 1835, la cual sienta las bases teóricas para el desarrollo de las ecuaciones de Maxwell unas décadas después.

La segunda mitad del S.XIX vio hitos tan importantes como la pugna entre las redes de corriente continua de Thomas Edison y las redes de corriente alterna propuestas por Nikola Tesla, el descubrimiento de la propagación de las ondas electromagnéticas en el vacío en 1887 por Heinrich Hertz y su mentor Hermann Helmholtz basados en el trabajo de James Maxwell, permitiendo el desarrollo de la telegrafía sin hilos, el descubrimiento de la bombilla por Thomas Edison, el motor polifásico de Tesla, la invención del tubo de Crookes en 1874 por Sir William Crookes, donde se pudo observar la formación de plasma, el establecimiento del electrón como unidad de carga en 1874 por G. Johnstone Stoney, el establecimiento de las leyes de los circuitos electrónicos por Gustav Kirchhoff en 1850, el descubrimiento de los

rayos catódicos en 1896 por Joseph John Thompson, y así un sin fin de descubrimientos.

No podemos saltar al S.XX sin mencionar a James Clerk Maxwell, un científico y matemático de Edimburgo, que en 1865 publica su trabajo “Una teoría dinámica del campo electromagnético”, donde sienta las bases de la teoría clásica de la radiación electromagnética, en ella demuestra que el magnetismo, la electricidad y la luz son manifestaciones distintas de un mismo fenómeno, previendo así que las ondas eléctricas y magnéticas viajan por el vacío a la velocidad de la luz. Las ecuaciones de Maxwell unifican las fuerzas eléctricas y magnéticas bajo un mismo marco teórico y sentaron las bases para el posterior desarrollo de la física moderna del S.XX.

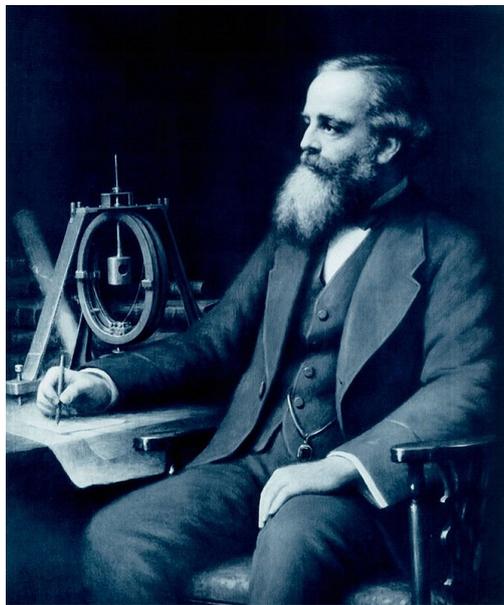


Figura 4: Retrato de James Clerk Maxwell procedente de la James Clerk Maxwell Foundation.

A primeros del S.XX Robert Millikan midió la carga del electrón, Albert Einstein tomando como cimientos las ecuaciones de Maxwell, postuló la teoría de la relatividad especial y formuló el efecto fotoeléctrico, donde propuso que la luz podía existir en forma de cuantos llamados fotones. En 1900 Max Planck demostró la radiación del cuerpo negro, los cuerpos calientes emitían una cierta radiación cuya frecuencia es proporcional a la temperatura, sin embargo la teoría electromagnética clásica no podía dar una solución a la catástrofe del ultravioleta. Las investigaciones de Einstein y Planck dieron origen a la mecánica cuántica en 1925, y a la formulación de una teoría cuántica del electromagnetismo en los años 40. Otros

hitos dignos de mencionar del S.XX son la invención de la radio, el radar, la televisión, la radioastronomía, la telefonía móvil etc...

Metodologías a utilizar:

Desde las fases iniciales del diseño de la propuesta se ha trabajado con la idea de que sean los alumnos quienes vayan “descubriendo” por sí mismos la historia del electromagnetismo, la construcción del conocimiento científico a lo largo del tiempo y cómo se conecta con sus realidades cotidianas. También las diferentes actividades se han articulado de tal forma que una actividad lleve de forma más o menos intuitiva a la siguiente actividad, de manera que formen un conjunto coherente, e integrado y que no sean actividades aisladas. Por último, se ha buscado que el alumno, además del aprendizaje teórico, también desarrolle otras habilidades y competencias como la comunicación interpersonal y la competencia digital. Así, la metodología didáctica que más se adapta a la filosofía de la propuesta es el aprendizaje por descubrimiento, a continuación se darán unas pequeñas pinceladas:

Aprendizaje por descubrimiento

El aprendizaje por descubrimiento es un método enmarcado dentro del aprendizaje constructivista que pone el foco de atención en el alumno. Fue impulsado por el psicólogo y pedagogo estadounidense Jerome Bruner en varias de sus obras a lo largo de los años 60 del pasado siglo, algunos de sus trabajos más relevantes son “Toward a Theory of Instruction” (1966) [17] y “Processes of Cognitive Growth: Infancy” (1968) [18] . El proceso de enseñanza parte de los intereses y las motivaciones de cada alumno, y el aprendizaje se produce debido al trabajo por parte del alumno. En esta metodología, el docente más que impartir conocimientos, actúa como guía del alumno, dirigiéndole en el proceso de búsqueda de resolución de los temas y preguntas planteadas.

El aprendizaje por descubrimiento pretende que el alumno forme nuevas relaciones entre conceptos, busque nuevos conocimientos, los asimile y los integre con los conocimientos previos, de esta manera, el alumno no aprende solo teoría, también aprende una serie de herramientas y habilidades que le permitan al alumno ir construyendo el conocimiento de forma autónoma.

Para que se pueda desarrollar el aprendizaje por descubrimiento, todo el proceso de enseñanza-aprendizaje debe estar sustentado por las siguientes bases

- Conocimiento activo: el conocimiento debe ser adquirido por el estudiante, así el profesor deberá acotar el proceso de búsqueda a un tema y unos objetivos concretos.
- Exploración creativa: El aprendizaje debe ser el resultado de la experimentación, búsqueda e investigación por parte del alumno y no debe estar basado en la transmisión de conocimientos por parte del profesor.
- Asimilación de nuevas competencias: El descubrimiento es la técnica más eficaz para fijar e integrar un conocimiento nuevo.
- Personalización por interés: Las materias a estudiar deben partir siempre desde el entorno cotidiano del alumno, sus motivaciones e intereses personales.
- Aprendizaje experimental: Los temas trabajados, ya que parten de los intereses de los alumnos y tienen contenido práctico, quedan mejor retenidos en la memoria, y sirven de base para posteriores procesos de aprendizaje, contribuyendo así al desarrollo integral del alumno.

Las ventajas más importantes del aprendizaje por descubrimiento son que el conocimiento nace de la propia experiencia y búsqueda del alumno, por lo tanto la importancia del aprendizaje meramente memorístico es menor, y el conocimiento pasa a ser significativo y es mejor retenido por el alumno a largo plazo. Otra ventaja es que se potencian capacidades como el interés, la curiosidad por aprender y la creatividad, también promueve el pensamiento crítico, el razonamiento y la reflexión, y el desarrollo de habilidades para la búsqueda y solución de problemas. Al ser un aprendizaje activo y que nace del propio alumno, es un aprendizaje que resulta más fácil de asimilar, se refuerza la autoestima y la seguridad del alumno, fomentando así su crecimiento personal y maduración.

Algunas de las herramientas que el profesor puede utilizar para llevar esta metodología al aula son las siguientes:

- Aprendizaje por proyectos: Los contenidos curriculares se estudian mediante la proposición de un tema central, y a partir de ese tema, se van estudiando diferentes aspectos del mismo para los diferentes contenidos curriculares a tratar. Por ejemplo, un tema central puede ser la creación de un pequeño invernadero para la producción de frutas con un sistema de riego automático, a partir de este tema se pueden ver materias tan variadas como biología, ecología, física de fluidos, electrónica y

programación, etc....

- Webquests: son procesos de investigación online dirigida que los alumnos realizan sobre un tema concreto. La particularidad del webquest es que el camino, objetivos y puntos a investigar ya están fijados de antemano por el profesor, evitando así que los alumnos se dispersen y tomen líneas de investigación que les alejen de los objetivos de la investigación.
- Infografías: son diagramas visuales de mayor o menor complejidad cuyo objetivo es resumir y explicar de forma sencilla información compleja. Es una gran herramienta para incitar a los estudiantes a analizar, comprender y sintetizar las principales ideas de un texto para luego poderlas expresar de manera clara y resumida en forma figurativa, ya sea a través de esquemas, pictogramas, creaciones animadas, infografías interactivas etc.
- Talleres: son metodologías que fomentan que el alumno trabaje en la resolución de problemas de forma autónoma mediante la provisión de los recursos necesarios que el alumno necesite y la guía del propio docente.
- Debates, reflexiones, intercambios de ideas: otra herramienta eficaz es la implementación en el aula de sesiones de debates donde los alumnos pongan en común sus propias ideas, resultados, experimentos que están desarrollando, de ésta manera los estudiantes pueden expresarse, compartir conocimientos con otros alumnos y aprender de sí mismos y de las experiencias de sus compañeros.



Figura 5: Ejemplo de infografía. Plantilla con licencia Creative Commons del repositorio Freepik.es

Se han incorporado los fundamentos del aprendizaje por descubrimiento en nuestra propuesta a través de las diferentes actividades propuestas, así, la motivación en los alumnos es trabajada por el debate inicial y las experiencias de cátedra realizadas en la sesión 1, la exploración creativa se desarrollan en las actividades de las sesiones 2 y 3 con la búsqueda bibliográfica y la elaboración de las infografías.

La asimilación de nuevas competencias y el aprendizaje experimental se trabajan en las sesiones 2, 3 y 4, donde el alumno aprenderá a buscar y organizar información por sí mismo en la actividad de búsqueda bibliográfica, mientras que en la actividad de la elaboración de infografías aprenderá a desenvolverse en un entorno digital, a trabajar en la nube y a presentar información en formato visual, finalmente en las exposiciones orales y el debate final de la sesión 4 el alumno aprende a presentar públicamente los resultados de su trabajo previo y a expresar sus opiniones y puntos de vista.

Se ha intentado que las herramientas incorporadas en la propuesta sean lo más variadas posible, para que el alumno pueda desarrollar diversas habilidades, sepa trabajar con distintos recursos y expresarse a través de diferentes medios de comunicación, las principales herramientas usadas en la propuesta son los webquests, las infografías, las exposiciones orales, las experiencias de cátedra en el aula y los debates.

3.2.- Contexto y destinatarios

Se ha elaborado la propuesta didáctica para ser aplicada en un instituto de barrio de clase media-baja de tamaño medio en una ciudad castellanoleonesa. En el capítulo anterior ya se habló del marco legislativo en el que debe desarrollarse la propuesta, en éste epígrafe se describirán las características más importantes de Castilla y León a nivel educativo, y se hará una breve reseña del hipotético escenario para el cual se ha diseñado la propuesta.

Educación en Castilla y León

Castilla y León es una comunidad autónoma ubicada en la submeseta norte de España, con una superficie total de 94 226 km², convirtiéndola en la comunidad autónoma más grande de todo el país. La comunidad está dividida en 9 provincias. Posee una población total de 2,3 millones de personas repartidas en más de 2200 municipios de pequeño tamaño, siendo Valladolid la ciudad más habitada, con 350.000 personas, un aspecto demográfico importante a destacar es la baja densidad de población en la región, siendo incluso más baja en la zona Oeste de Castilla y León, en las provincias de León, Zamora y Salamanca. Otro aspecto demográfico a remarcar está marcado por la economía, la cual a estar centrada en el turismo, la producción agroganadera y la producción energética, no ofrece suficientes oportunidades laborales, provocando así la emigración de los jóvenes y un envejecimiento de la población.

El sistema educativo presenta unas inversiones económicas algo superiores a la media nacional, lo que ha posicionado a la comunidad como una de las comunidades con menor fracaso escolar, y unos resultados en las pruebas PISA que oscilan entre la primera y segunda posición a nivel nacional, y entre los diez primeros puestos a nivel internacional. La comunidad además posee una red de bibliotecas públicas repartidas a lo largo de toda la región, y a nivel universitario tiene 4 universidades públicas, Universidad de León, Universidad de Valladolid, Universidad de Salamanca y Universidad de Burgos, y 5 privadas, entre ellas destacan el Instituto de Empresa Universidad en Soria, la Universidad Católica Santa Teresa de Jesús en Ávila o la Universidad Europea Miguel de Cervantes en Valladolid.

Otro punto a destacar de la educación en Castilla y León es que durante los últimos 15 años se han estado impulsando programas bilingües de inglés-español tanto en la educación primaria como en la educación secundaria, y bachilleratos de excelencia en distintas ramas, como el bachillerato de excelencia en ciencias, o el bachillerato de excelencia de artes, entre otros.

Escenario hipotético

Para la realización de la propuesta educativa, se ha supuesto un instituto público de tamaño medio, de cerca de 1000 alumnos, situado en un barrio de clase media de una capital de provincia de Castilla y León. Se ha supuesto que la mayoría de los alumnos del instituto proceden de familias que ya viven en las cercanías del instituto y que proceden de clase media-baja.

Como ya se comentó en capítulo dedicado el marco teórico, se ha decidido centrar la propuesta en los alumnos que estudian la asignatura de Física en el 2º curso de bachillerato de la especialidad de ciencias, debido a que es en este curso donde se ve el bloque del electromagnetismo con cierta profundidad. Se asumirá una clase tipo compuesta de 20 alumnos de ciencias cuyas edades oscilan entre los 17 y 20 años y que en su mayoría son hispanohablantes y no presentan alumnos con necesidades educativas especiales. Igualmente, también se asume que todos ellos se están preparando para presentarse a las pruebas EBAU, un aspecto que puede tener influencia en la motivación de los alumnos a la hora de implicarse con la actividad propuesta. Para los fines de la propuesta, es irrelevante la presencia de alumnos repetidores, la distribución por sexos en la clase, así que no se tendrá en cuenta estas variables.

También se deben de tener en cuenta las particularidades del curso de 2º de bachillerato. Como es un curso enfocado para la preparación de las pruebas EBAU de acceso a la universidad, las cuales siempre se celebran sobre la segunda semana de junio, normalmente para la tercera semana de mayo el curso ya está terminado, lo que corresponde a unos 7 meses de curso en vez de los 9 meses que suele durar un curso normal. Además el temario a impartir es más extenso que el de 1º de bachillerato, lo que supone una dificultad añadida.

Respecto a los conocimientos previos relevantes que los alumnos tienen al comienzo de la actividad, asumimos que ya se vio el bloque 3 “interacciones electromagnéticas“ cuyos contenidos se encuentran detallados en la tabla 4 del anterior capítulo, y que ya han aprendido conceptos básicos del electromagnetismo como el campo eléctrico y magnético, líneas de fuerza, potencial eléctrico, inducción electromagnética.

En cuanto a las herramientas matemáticas, en este punto los alumnos de 2º de bachillerato ya han visto el manejo de operaciones básicas con vectores, composición y descomposición de

vectores, producto escalar vectorial de vectores así como algunas nociones de ángulos y trigonometría. Respecto al cálculo integro-diferencial los estudiantes de 2° de bachillerato ya han visto los conceptos de derivada e integral, y cómo calcular derivadas e integrales de funciones simples y algunos métodos de integración como el cambio de variable, la integración de funciones racionales y trigonométricas, y la integración por partes, cabe destacar que conceptos más avanzados como las integrales de superficie y volumen no se estudian en bachillerato.

Respecto al manejo de las TIC's por parte de los estudiantes, se asume que están familiarizados con el manejo de dispositivos móviles y redes sociales, pero tienen una experiencia limitada en el uso de paquetes ofimáticos y la búsqueda de fuentes de información online fiables, realizar una búsqueda bibliográfica, o la elaboración de contenido visual, ya sea con aplicaciones ofimáticas u otro tipo de recursos, para la realización de presentaciones orales

3.3.- Descripción de actividades y recursos

En esta sección se describirán todas las actividades, recursos y secciones programadas en la propuesta didáctica. Antes de proceder a la descripción de las actividades, se debe encuadrar la propuesta en un marco temporal y dividirla entre sesiones presenciales en clase y trabajo en casa por parte de los alumnos.

Como ya se comentó anteriormente, El Bloque 3 “interacciones electromagnéticas” termina de impartirse a primeros de diciembre, y se propone realizar la propuesta didáctica durante las dos semanas de diciembre anteriores a las vacaciones de navidad, entre el 10 de diciembre y el 23 de diciembre. En esas dos semanas, los alumnos ya han terminado los exámenes de la primera evaluación y tienen menos carga de trabajo. Se propone repartir la propuesta didáctica en 4 sesiones distintas de trabajo a lo largo de dos semanas, correspondiendo a dos sesiones por semana, permitiendo a los alumnos trabajar tanto en clase como en casa si así fuera preciso.

A la hora de establecer los recursos empleados para cada actividad, se supondrá que el aula del instituto está equipada con ordenador, altavoces, conexión a internet, pantalla y cañón proyector, además se parte de la premisa que todos los alumnos tienen acceso a ordenador portátil, ya sea utilizando sus ordenadores propios, o usando los portátiles que el instituto pone a disposición del alumnado. En cuanto al software utilizado, se utilizarán herramientas

normales de ofimática para el procesamiento de textos, navegador de internet, y cliente de correo electrónico. Para la confección de las infografías se utilizará la plataforma online de creación de contenidos interactivos llamada “Genial.ly”, la cual se detallará más adelante dentro de la actividad correspondiente.

A la hora de diseñar la propuesta didáctica, “¿Qué es quién en la historia del electromagnetismo?” se partió de la premisa que los alumnos hicieran la mayor parte de las actividades dentro de clase durante el horario lectivo, y sólo si no da tiempo, recurrir al trabajo en casa por parte de los alumnos. Otra premisa que se ha querido tener en cuenta es que el trabajo sea cooperativo, se trabajará por grupos de 4 personas, pero no sólo se prevé el trabajo cooperativo entre miembros de un mismo grupo, si no también el trabajo cooperativo entre los distintos grupos, así, se ha organizado las actividades de tal forma que cada grupo trabaje en una época de la historia distinta, y en la última sesión poner todos los trabajos en común para formar un línea de tiempo global que abarque desde la antigüedad hasta nuestros días. Finalmente, se ha dispuesto que cada sesión dure 50 minutos, que corresponde con la duración de una clase de instituto.

Así, los títulos de las sesiones son: “Sesión 1: Introducción, Una historia de Pioneros y Electromagnetismo”, “Sesión 2: Investiguemos, ¿quién descubrió qué y cuándo”, “Sesión 3: Creemos: líneas de tiempo e infografías geniales”, “Sesión 4: Presentemos: Reconstruyamos la historia del electromagnetismo”.

A continuación se detallarán los pormenores de cada sesión propuesta:

“Sesión 1: Introducción, Una historia de Pioneros y Electromagnetismo”:

Esta primera sesión titulada “Introducción, una historia de pioneros y electromagnetismo” se pretende que los alumnos se familiaricen con las actividades a realizar a lo largo de las restantes sesiones.

Para ello, se realizará una pequeña exposición por parte del profesor y se propondrán dos experiencias de cátedra sencillas que darán pie a la introducción al tema a tratar. La primera experiencia de cátedra será el experimento de Ørsted y la segunda experiencia de cátedra será el experimento de Faraday-Henry sobre inducción electromagnética.

La primera experiencia de cátedra es la demostración del experimento de Ørsted, que consiste en la demostración de la interacción entre campos eléctricos y campos magnéticos. Para ello

el profesor debe montar un circuito sencillo compuesto por un cable normal de electricidad, un interruptor y todo ello conectado a una fuente eléctrica de bajo voltaje, una pila de 9V es más que suficiente. Se necesitará también una brújula. Una vez montado todo el circuito, se colocará la brújula cerca del hilo conductor y se cierra el circuito, se apreciará que la aguja de la brújula se orienta de manera perpendicular al hilo, siguiendo las líneas del campo magnético que se generan alrededor del hilo. Al no haber puesto en el circuito ninguna resistencia, la pila se agotará rápidamente, así que es recomendable no mantener el circuito cerrado por mucho tiempo.

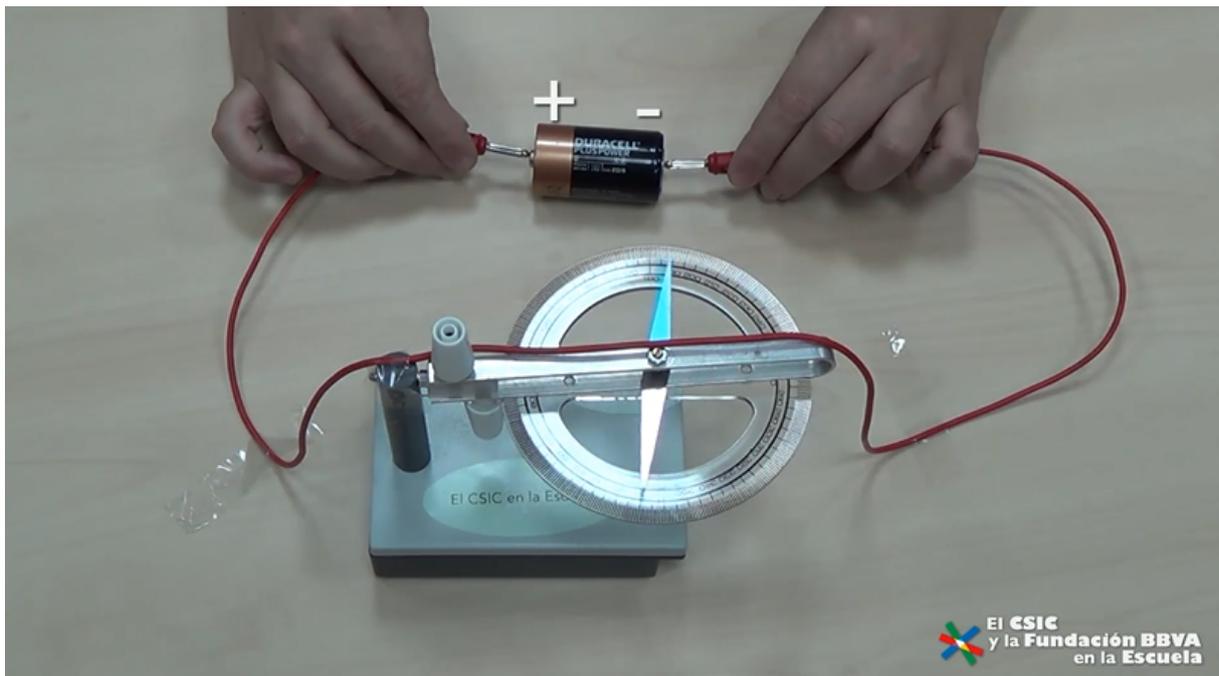


Figura 6: Experimento de Ørsted, imagen de la Sala de Electromagnetismo del Museo Virtual del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España y la Fundación BBVA en la Escuela.

La segunda experiencia de cátedra es el experimento de Faraday-Henry de inducción electromagnética. Para ello los materiales a utilizar son un imán de neodimio, un amperímetro y una espira de un material conductor no ferromagnético (que no se vea sometido a una fuerte atracción en presencia de un imán), que puede ser simplemente un alambre enrollado, el cual irá conectado al amperímetro. Al acercar o alejar el imán de la espira, se produce una variación del flujo del campo magnético que atraviesa la espira, apareciendo en la espira un campo magnético inducido opuesto a la causa que lo genera, y que a su vez genera una

corriente eléctrica inducida que se puede leer en el amperímetro. Tomando como base éstas dos experiencias de cátedra el profesor explica a los alumnos los autores de los experimentos y de qué fechas datan, a primeros del S.XIX, y se da pie a la explicación de la actividad, que consistirá en la realización de una infografía que recoja una línea del tiempo de los hitos más importantes de la historia del electromagnetismo.

Después de estas dos experiencias de cátedra y de haber realizado la introducción a la actividad, se propondrá la realización de un debate inicial con los estudiantes en forma de brainstorming, se propondrá que den ejemplos de inventos relacionados con el electromagnetismo que ya conozcan, y con la ayuda del profesor, situar más o menos en qué siglo se desarrollaron. Además de proponer inventos y descubrimientos que los alumnos ya conozcan, la idea del brainstorming es que los grupos de trabajo queden ya organizados y las distintas épocas históricas ya asignadas a cada grupo.

Al haber supuesto que había 20 alumnos, se distribuirán en 5 grupos de 4 personas cada uno, así, la distribución de épocas y grupos queda de la siguiente forma:

Grupo 1: “Electromagnetismo en la antigüedad”

El grupo 1 se encargará de referenciar todos los fenómenos, descubrimientos e inventos relacionados con el electromagnetismo en la Edad Antigua, desde la prehistoria hasta la caída del Imperio Romano de Occidente en el 476 d.c.

Grupo 2: “Electromagnetismo en la Edad Media y Renacimiento”

El grupo 2 recogerán todos los avances hechos en electromagnetismo durante la Edad Media, desde el 476 d.c. hasta finales del Renacimiento en el S.XVII.

A partir del S.XVIII, con el comienzo de la Edad Moderna, es cuando se producen la mayoría de los avances más importantes de la historia del electromagnetismo, como ésta época es prolija en descubrimientos e inventos, se ha decidido que los tres siguientes grupos cubran sólo un siglo por grupo:

Grupo 3: “Siglo XVIII”

El grupo 3 se va a centrar en el S.XVIII, donde relatarán los descubrimientos más importantes de éste siglo, se les pedirá que se centren en Europa y Norteamérica.

Grupo 4: “Siglo XIX”

El grupo 4 comentará los hitos más importantes del electromagnetismo en el S.XIX, se les pedirá que se centren sobre todo en Europa y Norteamérica con obligada mención a Maxwell.

Grupo 5: “Siglos XX y XXI”

Por último, el grupo 5 se va a centrar en los avances en los siglos XX y XXI, se les pedirá que respecto a Einstein, mencionen sólo los trabajos sobre el efecto fotoeléctrico y la catástrofe del ultravioleta, que dieron origen a la mecánica cuántica.

“Sesión 2: Investiguemos, ¿quién descubrió qué y cuándo”

Una vez centrado el tema, y organizados los grupos de trabajo dará comienzo la sesión 2, titulada “Investiguemos, ¿quién descubrió qué y cuándo?”. Esta sesión estará centrada en el trabajo por parte de los alumnos, actuando el profesor como mero guía y para resolver dudas.

Los alumnos, divididos ya por grupos, dentro de clase harán una búsqueda bibliográfica y webgráfica de los avances, descubrimientos e inventos más importantes de la época que les ha tocado trabajar.

Al finalizar la sesión 2, cada grupo realizará un pequeño esquema donde recojan mínimo 5 y máximo 10 hitos importantes de la época que les ha tocado investigar, un pequeño resumen de cada hito donde se recoja también algunas pinceladas del autor, el año del descubrimiento, y en qué consiste el hito, además de los 5 hitos y descubrimientos, se debe adjuntar en el esquema una biografía de un científico/inventor de mínimo 300 palabras. Junto con el esquema también se entregará una bibliografía donde se recogerán al menos 5 referencias bibliográficas indicando el apellido del autor y sus iniciales, año de publicación entre paréntesis, el título de la fuente consultada y editorial, en caso de ser una página web, indicar qué organización publica la web, título de la misma, link de la web, e indicar fecha y hora de consulta. Tanto el esquema como las referencias bibliográficas serán entregadas por e-mail al profesor y cuya fecha límite será el comienzo de la tercera sesión.

Debido a que los estudiantes están trabajando por grupos, se considerará que podrán desarrollar todo el trabajo dentro de los 50 minutos que dura la sesión, pero en el caso que no diera tiempo a acabar el entregable, se pedirá a los alumnos que lo terminen en casa, no debiendo de llevarles más de una hora de trabajo en casa por parte del alumno.

“Sesión 3: Creemos: líneas de tiempo e infografías geniales”

La tercera sesión estará centrada en la elaboración de las infografías, utilizando para ello el esquema que se elaboró en la sesión anterior. Para elaborar las infografías se utilizará la plataforma online de creación de contenido académico interactivo llamada “Genial.ly”.

La razón principal de utilizar Genial.ly en vez de la aplicación ofimática de presentaciones (Microsoft Power Point en el caso de Microsoft Office, o Libreoffice Impress en el caso de LibreOffice) es que es una aplicación que no necesita ser instalada en el ordenador, que permite trabajar completamente online en la nube, y permite de una forma intuitiva la creación de presentaciones visuales más elaboradas que las que se pueden crear con las aplicaciones ofimáticas. Otra ventaja de la utilización de Genial.ly es que tiene la opción de que varios usuarios puedan estar trabajando a la vez en la confección de la infografía. Un aspecto a remarcar es que el trabajo realizado dentro de la plataforma se guarda automáticamente y queda accesible en tiempo real para el profesor. Por último, los alumnos aprenderán a utilizar una herramienta distinta de diseño de contenido online interactivo que les servirá para futuras presentaciones durante la carrera o en sus vidas profesionales.



Figura 7: Captura de pantalla del panel de trabajo de Genial.ly

Aunque el manejo de Genial.ly es intuitivo, requiere de una pequeña curva de aprendizaje para poder manejarlo con soltura, por este motivo, en la programación de la sesión 3 se ha propuesto dedicar un breve tiempo de los 50 minutos de la sesión a que los alumnos exploren y aprendan a desenvolverse dentro del entorno de Genial.ly con ayuda de unas breves explicaciones del profesor.

La herramienta ya cuenta con varias plantillas dedicadas expresamente a la creación de infografías y líneas temporales, por lo que los estudiantes no encontrarán ninguna dificultad a la hora de preparar sus infografías.

Otra aplicación de diseño gráfico online que pueden utilizar los estudiantes es Canva, al igual que Genial.ly, también usa como base gráficos vectoriales, imágenes y textos para la confección de diversos tipos de infografías, vídeos, presentaciones animadas, logos, portadas, folletos, imágenes etc... para terceras aplicaciones y redes sociales. Posee un catálogo de más de 15 millones de plantillas y una interfaz intuitiva de fácil manejo, aunque también requiere una pequeña curva de aprendizaje. Los trabajos se guardan automáticamente y quedan a disposición del profesor en tiempo real, también cuenta con la posibilidad de descargar el trabajo, o compartirlo en otras páginas web, redes sociales y descargarlo al disco duro.

Más herramientas similares a Genial.ly y Canva, también basadas en paneles de diseño online, plantillas prediseñadas y con posibilidad de guardar en línea, descargar y compartir son Infogram, Piktochart, Vistacreate, Miro.com y Befunky, aunque todas ellas cuentan con algún tipo de pago o suscripción, las funciones que incluyen sus versiones gratuitas son más que suficientes para los objetivos de la propuesta.

Los estudiantes también tienen a su disposición recursos de diseño de infografías disponibles para tablets y smartphones tanto para las plataformas android como iOS, algunos ejemplos de este tipo de aplicaciones (todas ellas disponibles en sus marketplaces respectivos) son Flyermaker, Splendid App Maker y Desygner.

Por último, si los alumnos lo prefieren, también existen soluciones ofimáticas online más parecidas a power point enfocadas a la elaboración de presentaciones, siendo la más extendida Google Presentations, otras alternativas a Google Presentations son Powtoon, Slidelab y Slides.com

De nuevo, como en la sesión 2, los alumnos trabajarán por grupos y confeccionarán las infografías utilizando como punto de referencia los esquemas que se elaboraron en la sesión previa. No se pedirá a los estudiantes que incluyan más información de la recogida en los esquemas de la sesión 2, pero serán libres de incorporar nuevos hitos dentro de la infografía si el grupo así lo cree oportuno.

Se prevé que los alumnos trabajen en la elaboración de las infografías durante los 50 minutos que dure la sesión, pero en caso de que no puedan terminarla a tiempo, trabajarán desde casa. Se ha calculado que el trabajo en casa no suponga más allá de dos horas por grupo.

Se entregarán dos infografías por grupo, la primera infografía recogerá la línea de tiempo, donde se incorporarán entre 5 y 10 hitos históricos, junto con el nombre del descubridor, fecha y una breve descripción. En la segunda infografía se recogerá la biografía de un científico, inventor, descubridor, o filósofo relevante relacionado con el electromagnetismo.

Las infografías se entregarán por e-mail en formato digital con fecha límite el día anterior a que de comienzo la sesión 4.

Aunque los grupos cuentan con libertad creativa para diseñar la infografía como deseen, sí que se les va a proporcionar unas mínimas especificaciones con vistas a unificar criterios:

- Tamaño de la infografía: Será tamaño A3 en formato vertical o formato apaisado
- Debe contener un título claro que haga referencia a la época en la que se basa la infografía presentada.
- Se incluirá una breve descripción general de la época a tratar.
- En la infografía de la línea del tiempo se recogerán un mínimo de 5 y un máximo de 10 hitos históricos del electromagnetismo
- Además en cada hito debe quedar claro el título del hito, el año del hito, autor o autores (si los hubiere) y una breve descripción de cada hito.
- En la infografía biográfica se insertarán al menos 3 imágenes relacionadas con el científico y sus descubrimientos.
- En cada infografía, se debe insertar al menos un enlace a un recurso online en forma de código QR.

Una buena práctica que se encuadra dentro de la competencia digital y que se quiere promover desde ésta propuesta es el respeto a los derechos de autor en internet y evitar el uso ilícito de material protegido por copyright, para ello se promoverá entre los alumnos el uso de recursos públicos y con licencia “Creative Commons”. Existen repositorios especializados en proporcionar imágenes libres de derechos de autor, algunos de ellos son Unsplash, Pixabay, Openphoto o Freepik. También es posible encontrar iconos e imágenes vectoriales libres para incorporarlos a las infografías, dos repositorios populares son Flaticon y Endless Icons. Wikipedia y Google también permiten la búsqueda de imágenes libres de autor, desde el banco Wikimedia Commons en el caso de Wikipedia, y desde la búsqueda avanzada de imágenes en el caso del motor de búsqueda de Google.

Un recurso que puede ayudar a los estudiantes a la hora de realizar las infografías es Ancestry Images, un repositorio con imágenes históricas como fotos, mapas, retratos, pinturas, grabados de épocas tan tempranas como el S. XI, también libres de derechos de autor.

Otros recursos online a tener en cuenta son las páginas web de museos de ciencias y bibliotecas, por ejemplo la Hemeroteca de la Biblioteca Nacional de España cuenta con revistas científicas del S.XIX, o el museo virtual del consejo superior de investigaciones científicas, donde se pueden encontrar colecciones de instrumentos científicos de épocas pasadas y salas temáticas, una de ellas dedicada al electromagnetismo. Las fundaciones científicas y los museos dedicados a científicos de renombre también son un gran recurso de consulta, por ejemplo el Faraday Museum, y la James Clerk Maxwell Foundation son fuentes excepcionales.

Por último, una posibilidad que ofrece el trabajar en la nube de forma online, es la difusión de las infografías en otros medios, así algunas de las posibilidades existentes son incluirlas en forma de enlace, código QR o imagen en redes sociales como Instagram, Twitter y Wordpress, aplicaciones de mensajería instantánea o por e-mail. Otras plataformas populares para subir creaciones digitales son Flickr, y Pinterest, o si se desea, se puede subir a repositorios de infografías para que queden disponibles para otras personas, las herramientas anteriormente mencionadas, como Canva y Genial.ly, ofrecen esta posibilidad. Si las infografías son animadas, cabe la posibilidad de editarlas y subirlas en formato de vídeo a Youtube o Vimeo. Para la generación de códigos QR existen webs online que generan un código QR a partir del enlace web que se les proporciona, algunos ejemplos son Qrcode.es y

Codigos-qr.com.

En los anexos de la presente memoria se recogen dos ejemplos de las infografías que deben entregar cada grupo.

Como actividad voluntaria en ésta sesión 3 se propone a los alumnos que además de las infografías los alumnos tengan la posibilidad de traer a clase materiales de apoyo a las infografías para las exposiciones de la sesión 4 o la realización de un experimento sencillo en forma de experiencia de cátedra para realizarlo durante el tiempo de la exposición oral.

Si el grupo opta por realizar la actividad voluntaria, se entregará junto con el esquema la idea que el grupo quiere llevar a cabo en la exposición oral junto a las infografías, el profesor antes de la sesión 4 revisará la idea y en el caso de que haya que corregir o cambiar algo de la propuesta, se pondrá en contacto con el grupo para enfocar mejor la idea. Algunos ejemplos, materiales e ideas que los alumnos pueden implementar junto a las infografías son las siguientes:

- Motor electromagnético sencillo realizado con una pila, un alambre en forma de espira y un imán.
- Electroimán consistente en un cable enrollado alrededor de un núcleo de metal, como un tornillo, y conectado a una pila.
- Brújula casera, consistente en un alfiler imantado sujeto a un tapón de corcho flotando en agua.
- Experiencias de electricidad estática: frotando un globo, o materiales de plástico y metal, estos objetos son capaces de atraer pequeños objetos como trocitos de papel o una pequeña bola de papel de aluminio suspendida de un hilo.
- Dinamo y lámpara de bicicleta.
- Experiencia de inducción electromagnética: tubo de cartón forrado con papel de aluminio por donde se deja caer un imán por dentro, éste caerá más lentamente.

Finalmente, la sesión 4 dará cierre a la propuesta didáctica:

“Sesión 4: Presentemos: Reconstruyamos la historia del electromagnetismo”.

La sesión 4 estará dedicada a la presentación y puesta en común de todas las infografías presentadas, con vistas a la creación de una línea de tiempo global de la historia del electromagnetismo que comience en los tiempos antiguos y acabe en la actualidad.

El tema central de la sesión es que cada grupo presente su infografía, y en un tiempo de exposición no mayor de 5 minutos cuenten en qué época se han centrado, el personaje histórico que han elegido y los descubrimientos más importantes que han decidido incluir dentro de la infografía.

Se propone que las infografías sean expuestas en el proyector para las exposiciones orales, y que se entregue una versión impresa en papel tamaño A2 para ser colgadas posteriormente todas ellas en las paredes del aula, o del pasillo para ser vistas a lo largo del curso.

Así, los primeros minutos de la sesión se dedicarán a preparar los materiales de la actividad voluntaria de la anterior sesión para ser mostrados durante la presentación oral. El tiempo de cada presentación será de 5 minutos por cada grupo, y deben intervenir en la presentación todos los componentes del grupo, debido a que ya está la infografía, no será necesario que se prepare a mayores una presentación de Power Point.

Debido a la dinámica adoptada en la clase, no habrá turno de preguntas justo después de cada exposición oral se propone que todas las exposiciones orales se hagan sin interrupciones entre una y otra exposición, y acabadas las exposiciones, que se calcula que no lleve más de 25-30 minutos, el resto del tiempo se dedicará a realizar un debate final

El objetivo de este debate final para el cierre de la actividad es la puesta en común entre todos los alumnos de dudas y preguntas que se hayan tenido sobre los trabajos de otros grupos. También el debate final pretende ser un espacio dar la oportunidad a los estudiantes para que puedan explicar en público sus impresiones sobre la actividad, dónde han encontrado mayores dificultades, si les ha parecido útil o no la actividad, si ha cambiado algo sobre su visión de la ciencia y el método científico.

Con el debate final también se pretende que el profesor pueda tener un feedback de los alumnos, para poder evaluar después el éxito a la hora de implantar la actividad y poder realizar propuestas de mejoras para el futuro, y para poder evaluar mejor a cada grupo.

Finalmente, se propone que todas las infografías realizadas por cada grupo puedan estar

disponibles para toda la clase en formato online, ya sea a través de lista de correo electrónico o colgadas en el Moodle del curso para que les sirvan de futuras referencias.

En los siguientes epígrafes se hará una descripción pormenorizada de la distribución temporal de la propuesta didáctica y se recogerá cómo se va a evaluar, tanto a los alumnos como a la implementación de la propuesta.

3.4.- Temporalización

En apartados anteriores ya se comentó el número de sesiones y en qué semanas del calendario lectivo de 2º de bachillerato se llevaría a cabo, pero en esta sección se hará una descripción pormenorizada de la secuencia temporal que seguirá la propuesta didáctica.

En el siguiente cuadro se recogen cada una de las sesiones y actividades divididas por tiempos:

SEMANA	SESIÓN	Actividad	TIEMPO					
			0	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min
SEMANA 1	SESIÓN 1	Introducción	■					
		Experiencias de cátedra		■				
		Brainstorming			■			
		Grupos y temas						■
	SESIÓN 2	Investigación bibliográfica	■					
		Elaboración de esquemas					■	
SEMANA 2	SESIÓN 3	Introducción a Genially	■					
		Elaboración de infografías			■			
	SESIÓN 4	Preparación de infografías	■					
		Presentaciones		■				
		Debate final					■	

Tabla 5: Distribución temporal de las semanas, sesiones y actividades que componen la propuesta didáctica.

Así, las sesiones 1 y 2 se llevarán a cabo durante la primera semana en días alternos, y las sesiones 3 y 4 durante la semana 1. En el cuadro también se ha incluido la duración en minutos de cada actividad, así, la sesión 1 está compuesta por las actividades de “Introducción”, “Experiencia de Cátedra”, “Brainstorming” y el reparto de grupos y temas, con una duración de 10, 30, 30 y 10 minutos respectivamente. Las experiencias de cátedra y Brainstorming se realizan a la vez.

Las actividades incluidas para la sesión 2 son la investigación bibliográfica, que durará 30 minutos, y la elaboración de los esquemas a entregar, que tendrá una duración de 20 minutos,

se ha previsto que los alumnos terminen los esquemas en casa si no les da tiempo a realizarlos, se calcula que el trabajo en casa para la sesión 2 no debería sobrepasar los 60 minutos.

En la sesión 3 las actividades incluidas son una introducción a Genial.ly por parte del profesor, que durará entre 10 y 15 minutos, y el resto del tiempo, 40 minutos, se dedicará a la realización de las infografías. De nuevo, si los alumnos no han terminado las infografías en clase, se prevé que las terminen en casa, de nuevo, se calcula que no deban de invertir más de 60 minutos de trabajo en casa.

Finalmente para la última sesión, se han programado 3 actividades, la primera de todas, es preparar las infografías y colgarlas en en aula, se ha calculado que no debería llevar más de 5 minutos, la segunda actividad son las presentaciones orales, dedicándole para ello media hora, aunque es probable que se alargue debido a la organización. Para el debate final se ha decidido reservar al menos 15 minutos.

3.5.- Evaluación

En éste último epígrafe del capítulo “Metodología” se va a abordar la parte de evaluación, la cual tendrá dos ramas. Una primera rama será la evaluación a los alumnos, la segunda rama consistirá en la evaluación de la implementación de la propia propuesta didáctica, con vistas a poder introducir cambios y mejoras para el futuro.

Evaluación a los alumnos.

Para la evaluación a los alumnos se tendrán en cuenta varios puntos, el primero de ellos, es el comportamiento de cada alumno en clase durante la realización de la propuesta didáctica, el segundo punto que se tendrá en cuenta serán los entregables, el esquema con los hitos y la bibliografía, y la infografía, por último el tercer punto que será tenido en cuenta para la evaluación es la exposición oral.

El sistema de evaluación utilizado será una evaluación por rúbrica donde se recogerán varios aspectos relacionados con la consecución de cada actividad. En los anexos se incluye la rúbrica completa con cada actividad desglosada por criterios de evaluación, pero a continuación se incluye un breve extracto de la rúbrica.

SESIÓN 2	Mal	Regular	Bien	Excelente
Investigación bibliográfica	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros o está usando dispositivos electrónicos, presenta 1 hito	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, realiza búsqueda bibliográfica y presenta al menos 2 hitos	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, realiza búsqueda bibliográfica, presenta al menos 4 hitos, ayuda a sus compañeros en las dudas que les surjan
Elaboración de esquemas	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros o está usando dispositivos electrónicos, presenta con su grupo menos de 5 hitos o menos de 5 fuentes bibliográficas	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, presenta con su grupo 5 hitos y 5 referencias bibliográficas	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, presenta con su grupo más de 5 hitos y más de 5 referencias bibliográficas

Tabla 6: Extracto de la rúbrica de evaluación de los alumnos.

En la rúbrica cada criterio evaluable tiene 4 niveles de desempeño, que son “Mal”, “Regular”, “Bien” y “Excelente”, que se traducen en nota numérica con base 10 según la siguiente equivalencia:

- “Mal” = 2.5 puntos
- “Regular” = 5 puntos
- “Bien” = 7.5 puntos
- “Excelente” = 10 puntos.

Se ha propuesto que el entregable de la Sesión 2 pese un 20% de la nota final, la infografía un 30% de la nota final, y la exposición oral otro 30% de la nota final. El restante 20% de la nota final provendrá de la nota ponderada del resto de actividades evaluadas según la rúbrica adjunta en los anexos.

No se va a entrar en qué peso tiene la nota de la actividad dentro de la evaluación trimestral, pues queda fuera del ámbito de aplicación de la presente memoria.

Evaluación de la actividad.

Para la evaluación de la actividad se tendrá en cuenta la valoración propia del profesor, así como el feedback de los alumnos a lo largo de las cuatro sesiones y sobre todo del debate final.

Además, después de finalizar la sesión 4, se pasará un cuestionario anónimo en forma de preguntas abiertas, el cual se encuentra en los anexos, a los alumnos donde se les pedirá opiniones sobre aspectos relacionados con la propuesta didáctica, aspectos como qué iban a esperar de la actividad antes de realizarla, qué puntos de la actividad les ha gustado más, qué puntos les ha gustado menos, cuáles serían aquellos aspectos a mejorar y qué cambios propondrían. Se realizarán también otro tipo de preguntas no ya relacionadas directamente con las actividades, si no más generales, por ejemplo si su visión sobre el método científico y cómo se construye el conocimiento científico ha cambiado tras la realización de la actividad, si ésta actividad les ha motivado para hacer carreras STEM, si creen que han aprendido herramientas y habilidades útiles para sus futuras carreras profesionales.

Con toda esta información, se evaluarán de forma cualitativa las siguiente variables de la propuesta:

- Duración de la actividad en número de sesiones y su lugar dentro del calendario escolar
- Impacto en los alumnos sobre 2 aspectos: nivel de conocimientos científicos y nivel de habilidades adquiridas y manejo de herramientas y recursos
- Idoneidad de los contenidos teóricos incluidos en la actividad, cantidad y tipo de actividades propuestas.
- Evaluación del impacto de la actividad en la motivación de los alumnos para la ciencia y tecnología.

Una vez evaluadas todas las variables, e identificados los puntos de mejora, se prevé que se realicen cambios en la presente propuesta con vistas a aplicarla en años sucesivos, tomando como base los resultados de la evaluación.

4.- CONCLUSIONES

Gracias a la propuesta didáctica presentada en esta memoria, se ha diseñado una serie de actividades que ayudan al alumno a comprender mejor los conceptos básicos del electromagnetismo. El estudio de los descubrimientos más importantes del electromagnetismo a lo largo de la historia permite al alumno acercarse al proceso de construcción de conocimiento científico y despertar su inquietud hacia la ciencia y la tecnología.

La metodología de indagación escogida para la propuesta incentiva que el alumno tenga una participación más activa, y desarrolle su pensamiento crítico, ayudando así al alumno a comprender la evolución de las teorías y experimentos más importantes de la historia del electromagnetismo y a relacionarlos con los conceptos aprendidos en clase.

La inclusión de las TIC's para la investigación bibliográfica y la confección de infografías a partir de aplicaciones interactivas virtuales dotan al alumno de una serie de habilidades y competencias digitales claves para el mundo de hoy. Esta propuesta, además de dotar al alumno con más recursos de aprendizaje, también pretende fomentar un uso crítico y seguro de las TIC's.

Todas las actividades propuestas se confeccionaron en torno al trabajo colaborativo en grupos de 4 personas, de esta forma se desarrollan las habilidades interpersonales de comunicación, trabajo en equipo, organización grupal y la gestión de tiempos, tareas y objetivos por parte de los alumnos. Además la Sesión 4, donde se ponen en común todas las infografías, tiene como objetivo no sólo la colaboración dentro del grupo, si no la colaboración entre los distintos grupos para la consecución de objetivos globales, en este caso, la línea de tiempo completa del electromagnetismo.

Los diferentes entregables propuestos aseguran que el alumno aprenda a buscar, consultar y referenciar fuentes bibliográficas, y a entender, organizar, clasificar y resumir la información científica. Mediante la entrega del esquema de la Sesión 2, la infografía de la Sesión 3, y la exposición oral de la Sesión 4, se consigue que el alumno aprenda a comunicarse mediante diversos medios, de forma escrita, de forma visual, y de forma oral.

El sistema de evaluación elaborado para la propuesta permite evaluar tanto al alumno como a la propuesta en sí, además de los entregables, el sistema de rúbricas recogido evalúa el

rendimiento del alumno en los diferentes criterios que envuelven cada actividad. Para la evaluación de la actividad se ha elaborado un cuestionario final anónimo en el que pregunta a los alumnos sobre su nivel de motivación con la propuesta, y puntos relacionados con la duración, contenido teórico y actividades de la misma. Toda esta información sirve para evaluar la viabilidad de la propuesta y poder introducir mejoras con vistas a volver a implementar la propuesta educativa en el futuro.

Esta propuesta didáctica sienta las bases para poder elaborar en un futuro nuevas propuestas y métodos didácticos centrados en el aprendizaje significativo en el campo de la ciencia, incorporando para ello las TIC's, el trabajo colaborativo y la formación en las 7 competencias claves dentro del marco de la próxima ley educativa española LOMLOE.

5.- REFERENCIAS

- [1] Delors, J., Amagi, I., Carneiro, R., Chung, F., Geremek, B., Gorham, W., ... & Nanzhao, Z. (1997). *La educación encierra un tesoro: informe para la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo Veintiuno*. Unesco.
- [2] Meneses Villagrà, J. À., & Caballero Sahelices, M. C. (1995). *Secuencia de enseñanza sobre el electromagnetismo*. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas. Vol. 13, nº 1, pp. 36-45
- [3] Cudmani, L. C., & Fontdevila, P. A. (1990). *Concepciones previas en el aprendizaje significativo del electromagnetismo*. Revista de Enseñanza de la Física, Vol. 3, nº 1 pp. 215-222.
- [4] Bravo, B., Bouciguez, M. J., & Braunmüller, M. (2019). *Una propuesta didáctica diseñada para favorecer el aprendizaje de la Inducción Electromagnética básica y el desarrollo de competencias digitales*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 1(1), 1203-1203.
- [5] Martín, M., Barneto, A. (2006). *Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas*. REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias, Vol. 5, Nº. 2.
- [6] Cadena González, M., Sarmiento Bojórquez, M. A., & Casanova Rosado, J. F. (2018). *Estrategia didáctica de Física con uso de TIC, para elevar el rendimiento escolar: Estudio de un caso*. Universidad Autónoma Nacional de Mexico, Foro Educadores para la Era Digital
- [7] Queiruga-Dios, M. A., Diez-Ojeda, M., & Velasco-Pérez, N. (2019). *Utilización de las TIC en la construcción de la física: análisis de una propuesta didáctica*. In *La educación ante el nuevo entorno digital*. Comunicación presentada en Congreso Iberoamericano.
- [8] Capell Arques, C. (2011). *Construcción de un altavoz con dos CD*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. Vol. 8.
- [9] Cyrulies, E. (2022). *Experiencias de electromagnetismo con un interesante y sencillo motor eléctrico*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 3401-3401.

[10] *Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación*. Publicado en: «BOE» núm. 340, de 30 de diciembre de 2020, páginas 122868 a 122953 (86 págs.)

[11] Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030, (2020), *Estrategia de Desarrollo Sostenible 2030, un proyecto de país para hacer realidad la agenda 2030*, Ed. Mº de Derechos sociales y Agenda 2030, Centro de Publicaciones.

[12] Zúñiga Meléndez, A., Leiton de Sulia, R., & Naranjo Rodríguez, J. A. (2014). *Del sistema educativo tradicional hacia la formación por competencias: Una mirada a los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias en la educación secundaria de Mendoza Argentina y San José de Costa Rica*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 11(2): 145-159

[13] *ORDEN EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León*, BOCYL, num.86, de 8 de mayo de 2015, 32481 a 32984

[14] *Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa* (2013). Boletín Oficial del Estado, 295, de 10 de diciembre de 2013, 97858 a 97921.

[15] *Recomendación del Consejo de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente*, Diario Oficial de la Unión Europea de 4 de junio de 2018. Accesible en

[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32018H0604(01))

[16] Reales Sociedades Españolas de Física y Química. (2005). *Didáctica de la Física y la Química en los distintos niveles educativos*. Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.

[17] Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction* (Vol. 59). Harvard University Press

[18] Bruner, J. S. (1968). *Processes of cognitive growth: Infancy* (serie Heinz Werner Lectures, n.º 20). Clark University Press,

6.- ANEXOS

Anexo I: Rúbrica de evaluación

SESIÓN 1	Mal	Regular	Bien	Excelente
Introducción	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros o está usando dispositivos electrónicos	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, además, realiza preguntas
Experiencias de cátedra	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros o está usando dispositivos electrónicos	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, además, realiza preguntas
Brainstorming	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros, está usando dispositivos electrónicos, no propone ninguna idea para el brainstorming	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, propone alguna idea para el brainstorming	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, propone alguna idea para el brainstorming, además ayuda a sus compañeros con sugerencias y aclaraciones
Grupos y temas	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros o está usando dispositivos electrónicos	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, además, ayuda en la organización de los grupos
SESIÓN 2	Mal	Regular	Bien	Excelente
Investigación bibliográfica	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros o está usando dispositivos electrónicos, presenta 1 hito	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, realiza búsqueda bibliográfica y presenta al menos 2 hitos y el resumen de un científico	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, realiza búsqueda bibliográfica, presenta varios hitos, el resumen de un científico y propone actividad voluntaria
Elaboración de esquemas	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros o está usando dispositivos electrónicos, presenta con su grupo menos de 5 hitos o menos de 5 fuentes bibliográficas	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, presenta con su grupo 5 hitos y 5 referencias bibliográficas	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, presenta con su grupo más de 5 hitos, o más de 5 hitos, o más de 5 referencias bibliográficas, o propone actividad voluntaria
Esquema	El alumno no ha entregado el esquema	El esquema entregado no se ajusta a los criterios mínimos, ha entregado menos de 5 hitos y/o menos de 5 fuentes bibliográficas y/o no ha hecho una breve descripción de cada hito	El esquema entregado se ajusta a los criterios mínimos, ha entregado de 5 hitos, 5 fuentes bibliográficas y ha hecho una breve descripción de cada hito	El esquema entregado se ajusta a los criterios, ha entregado más de 5 hitos, más de 5 fuentes bibliográficas citadas con las normas APA y ha hecho una breve descripción de cada hito, junto con el año de descubrimiento y autores (si los hubiera)

Tabla 7: Rúbrica de evaluación de los alumnos para la primera semana, sesiones 1 y 2.

SESIÓN 3	Mal	Regular	Bien	Excelente
Introducción a Genial.ly	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros o está usando dispositivos electrónicos	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, además, realiza preguntas
Elaboración de infografías	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros o está usando dispositivos electrónicos, presenta una infografía con su grupo que no se ajusta a los criterios	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, presenta con su grupo una infografía que se ajusta a los criterios pedidos	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, presenta con su grupo una infografía que se ajusta a los criterios pedidos, presentando 10 hitos
Infografía	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	Las infografías entregadas no se ajustan a los criterios mínimos, no ha realizado una breve descripción de la época trabajada, o ha entregado menos de 5 hitos o menos de 5 fuentes bibliográficas o no ha hecho una breve descripción de cada hito, o no ha presentado ningún científico	Las infografías entregadas se ajustan a los criterios mínimos, ha entregado de 5 hitos, 5 fuentes bibliográficas y ha hecho una breve descripción de cada hito, una breve descripción de la época trabajada y la biografía de un científico	Las infografías entregadas se ajustan a los criterios, ha realizado una pequeña descripción de la época trabajada, ha entregado más de 5 hitos, más de 5 fuentes bibliográficas, ha hecho una breve descripción de cada hito, junto con el año de descubrimiento y autores (si los hubiera) y una bibliografía de un científico.
SESIÓN 4	Mal	Regular	Bien	Excelente
Preparación de infografías	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros o está usando dispositivos electrónicos	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, además, ayuda a organizar y colgar las infografías de otros grupos
Presentación oral	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros, está usando dispositivos electrónicos, no interviene en la exposición oral	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, interviene en la exposición oral	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, interviene en la exposición oral, realiza una exposición clara, organizada y habla fluidamente, realiza la actividad voluntaria
Debate final	El alumno no ha asistido a clase, interrumpe la actividad	El alumno muestra poco interés en la actividad, habla con los compañeros o está usando dispositivos electrónicos	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, realiza una intervención, da su opinión	El alumno se porta bien el clase, muestra interés y se involucra en la actividad, interviene en el debate final, aporta varias ideas sobre sus impresiones y cómo mejorar la actividad

Tabla 8: Rúbrica de evaluación de los alumnos para la segunda semana, sesiones 3 y 4.

Anexo II: Cuestionario final

Este es un cuestionario final para recoger tu opinión sobre la actividad titulada “¿Qué es quién en el electromagnetismo?”, el cuestionario es anónimo. Por favor, utiliza sólo el espacio reservado para cada pregunta.

Referente al contenido de la actividad:

Pregunta 1: ¿Cuál fue tu primera impresión al conocer la actividad a realizar?

Respuesta:

Pregunta 2: ¿Qué puntos de la actividad te han gustado más?

Respuesta:

Pregunta 3: ¿Qué puntos de la actividad te ha gustado menos?

Respuesta:

Pregunta 4: ¿Qué puntos sugieres para la mejora de la actividad?

Respuesta:

Pregunta 5: ¿Te ha ayudado ésta actividad a entender mejor los conceptos del electromagnetismo vistos en clase?

Respuesta:

Pregunta 6: ¿Crees que las capacidades y herramientas que has aprendido en ésta actividad te servirán para tu futuro académico y profesional?

Respuesta:

Referente a la duración de la actividad y el calendario:

Pregunta 7: ¿Ves correcta la duración de la actividad o debería haber sido más corta o más larga?,

Respuesta:

Pregunta 8: ¿Ves bien que la actividad se haya puesto en las dos semanas antes de navidad o crees que debería haberse elegido otra semana?

Respuesta:

Referente al crecimiento personal:

Pregunta 9: ¿Ha cambiado tu visión sobre la ciencia y el método científico después de realizar ésta actividad?

Respuesta:

Pregunta 10: ¿Te ha motivado esta actividad para interesarte más por la ciencia y tecnología?

Respuesta:

Muchas gracias.

Anexo III: Ejemplos de Infografías entregables de la Sesión 3



Figura 8 : Ejemplo 1 de infografía* sobre la historia del electromagnetismo que los estudiantes deben realizar en la sesión 3.

James Clerk Maxwell

1831 Nace en Edimburgo en el seno de una familia escocesa de clase media. **1847** Ingresa en la *Universidad de Edimburgo*
1850 Pasa a la *Universidad de Cambridge*, donde destaca sus dones para la física. **1854** Se gradúa en la *Universidad de Cambridge*
1856 Fue nombrado *Profesor de Filosofía Natural* en el *Marischal College* de Aberdeen. **1860** Obtuvo el puesto de *Profesor de Filosofía Natural* en el King's College de Londres. **1861** Ingresó en la *Royal Society de Londres*. **1871** Es nombrado *Director del Cavendis Laboratory*. **1879** Fallece a los 48 años



"Éste Maxwell es un genio, él me ayudó con la teoría de la Relatividad"
 - Albert Einstein -

Curiosidades:

Desde pequeño mostró una insaciable curiosidad, preguntándose sobre el funcionamiento y utilidad de cualquier dispositivo.

En **1851** demostró la naturaleza de los anillos de Saturno y en **1861** hizo la primera fotografía a color del mundo.

En **1858** se casó con Katherine Deward, también física, y ayudante en los trabajos de Maxwell.

James Maxwell fue un gran amante de la poesía escocesa, llegando a escribir varios poemas.

Vivía en la campiña escocesa y era aficionado a la hípica.

Asistió a la iglesia Escipal de Escocia de pequeño y en **1853** sufrió una conversión evangélica.

En las conferencias de la Royal Institution conoció a Michael Faraday.



Casa de nacimiento de Maxwell en Edimburgo



James Maxwell con 23 años de edad



JCM y su esposa Katherine

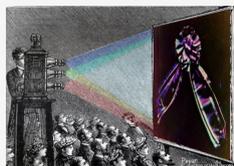


Fachada del laboratorio Cavendish en Cambridge



Placa con las ecuaciones de Maxwell situada en la parte de atrás de la base de la estatua de Maxwell en Edimburgo. Estas ecuaciones resumen todas las interacciones electromagnéticas.

Grabado de proyección de una fotografía en color. Colección de Mark Jacobs. Maxwell trabajó también en la teoría de la percepción del color por el ojo humano



VIII. *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field.* By J. CLERK MAXWELL, F.R.S.

Received October 27,—Read December 5, 1864.

PART I.—INTRODUCTORY.

(1) THE most obvious mechanical phenomenon in electrical and magnetical experiments is the mutual action by which bodies in certain states set each other in motion while still at a sensible distance from each other. The first step, therefore, in reducing these phenomena into scientific form, is to ascertain the magnitude and direction of the force

Extracto del manuscrito original "Una teoría dinámica del Campo Electromagnético"

Investigaciones:

En **1855** publica su primer ensayo sobre electricidad y magnetismo "On Faraday's lines of force"

"On Physical Lines of Force", publicado en **1861** sintetiza todo el conocimiento sobre el electromagnetismo de la época en un set de 20 ecuaciones con 20 variables.

En **1862** calculó la velocidad de propagación de una onda electromagnética, siendo parecida a la velocidad de la luz. También introdujo el concepto de campo electromagnético.

En su artículo "A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field" de **1865** demuestra que la electricidad, el magnetismo y la luz son manifestaciones de un mismo fenómeno.

En **1873** publica el libro "A Treatise on Electricity and Magnetism", aparecen por primera vez las 4 Leyes de Maxwell.



Video de James Clerk Maxwell, elaborado por el Glasgow Center



Ecuaciones de Maxwell en 5 Minutos. Video elaborado por QuantumFracture



¡Compárteme!



* Grupo 4: "Siglos XIX", Biografía de James Clerk Maxwell *
 Roberto Refoyo

Figura 9: Ejemplo 2 de infografía** sobre la historia del electromagnetismo que los estudiantes deben realizar en la sesión 3.

** Fuente: Elaboración propia en la plataforma Genial.ly. Fecha de creación: 04/07/2022*
Link de consulta: <https://view.genial.ly/62c2cdbf2d287d0011fefb43/interactive-content-infografia-sxix>

*** Fuente: Elaboración propia en la plataforma Genial.ly. Fecha de creación: 04/07/2022*
Link de consulta: <https://view.genial.ly/62c2a42af9c5030018c99306/interactive-content-infografia-james-maxwell>

Disclaimer: Todas las imágenes utilizadas para la elaboración de las infografías recogidas en la presente memoria están bajo licencia Creative Commons.