



# UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2019/2020

Nº de proyecto 371

**Métodos de aprendizaje, evaluación y motivación basados en  
cuestionarios virtuales y metodologías de clase invertida**

David Pastor Pastor

Facultad de Ciencias Físicas

Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y Electrónica

## 1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto.

Los objetivos propuestos en la presentación del proyecto plantean una mejora de la actividad docente en la asignatura de Fundamentos de Electricidad y Electrónica que se cursa simultáneamente en el primer curso de los grados en Ingeniería Informática, Ingeniería del Software e Ingeniería de Computadores en la facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Se propone realizar esta mejora en la actividad docente mediante métodos de aprendizaje y motivación basados en procesos de clase invertida y otras actividades en clase.

El principal objetivo propuesto en el proyecto es la introducción de métodos de aprendizaje y motivación que permitan involucrar al alumno de forma activa, poniendo en marcha nuevas herramientas y estrategias de aprendizaje.

Se pretende introducir metodologías docentes que creen un entorno flexible, donde cada alumno tiene un ritmo de aprendizaje y los profesores son más flexibles en sus expectativas en los tiempos de aprendizaje y en la evaluación de los estudiantes. Se busca fomentar una cultura basada en el aprendizaje donde el foco está situado sobre el alumno.

El objetivo es dedicar parte del tiempo de clase a trabajar los conceptos adquiridos creando oportunidades de aprendizaje mediante escenarios donde los estudiantes participen activamente, tanto de forma individual como colectivamente, en la adquisición del conocimiento.

Uno de los objetivos fundamentales de este proyecto es crear el material didáctico necesario para poder realizar las labores de clase invertida de manera que se pueda utilizar para fomentar el aprendizaje y la participación de los estudiantes en clase. Para ello se utilizarán los recursos disponibles en la universidad como, por ejemplo, la plataforma Moodle del campus virtual, o herramientas digitales gratuitas, como el programa Kahoot.

Otro de los objetivos pretende evaluar y determinar la efectividad de las herramientas utilizadas en clase para fomentar la participación activa de los alumnos, utilizando grupos de control y evaluando numéricamente cuestiones cómo: tiempo de resolución de los test propuestos, momento al que acceden al test dentro del periodo propuesto, resultados en función del género, etc..., y relacionarlo con la nota de los exámenes, o la nota de acceso al grado.

## 2. Objetivos alcanzados.

Los objetivos alcanzados durante este proyecto se han visto limitados por la aparición de la pandemia mundial COVID-19, durante el mes de febrero de 2020 y el estado de alarma decretado el 10 de marzo de 2020 y que se prolongó hasta finales de junio del mismo año.

Como consecuencia de este estado de alarma y ante la imposibilidad de asistencia a clase tanto del profesorado como del alumnado, las autoridades universitarias decretaron el paso de una docencia presencial a una docencia virtual, en un lapso de tiempo muy breve donde tanto profesores como alumnos tuvieron que adaptarse rápidamente a una nueva metodología docente, ensayando y aprendiendo con nuevas plataformas digitales que no habían utilizado anteriormente.

La asignatura de Fundamentos de Electricidad y Electrónica, es una asignatura que se imparte en el segundo cuatrimestre del curso y al que la pandemia afectó sobre todo en la segunda parte de la asignatura.

Dado el carácter del proyecto de innovación propuesto, cuyos objetivos se basaban en la participación e interacción de los alumnos en clase para fomentar su motivación y proporcionar nuevas estrategias de aprendizaje, parte de los objetivos del proyecto se han visto perjudicados por no poder llevar a cabo todas las actividades, estrategias y evaluaciones que se pretendían.

No obstante, se han llevado a cabo parte de los objetivos esenciales ya que se ha realizado el esfuerzo de crear todo el material necesario para la aplicación de las metodologías de motivación y aprendizaje propuestas en este proyecto. Se ha estructurado el contenido por temas y por actividad, y se ha creado un calendario de actividades y objetivos.

Las actividades se programaron en un calendario para todo el curso, sin embargo, dada la interrupción de la actividad docente presencial debido a la COVID-19, sólo se pudieron realizar completamente las actividades correspondientes a los dos primeros temas de la asignatura correspondientes a campo eléctrico y corriente eléctrica (tema 1) y campo magnético y ondas electromagnéticas (tema 2).

También se ha llevado a cabo parcialmente la evaluación del efecto de las nuevas estrategias de aprendizaje y motivación mediante la realización de test al finalizar los temas utilizando la plataforma Moodle. Sin embargo, sólo se han podido realizar simultáneamente en el tiempo, las actividades del tema 1 y 2 y el test de los conocimientos adquiridos en estos temas. El resto de test llevados a cabo, se realizaron sobre los temas donde ya no se realizaron las actividades presenciales.

### 3. Metodología empleada en el proyecto.

Se elaboró el material docente necesario para el desarrollo del curso durante el segundo cuatrimestre y un cronograma de actividades.

En una primera reunión se asignaron a los integrantes del proyecto las distintas tareas a realizar para cubrir los objetivos:

1. Cuestionarios Kahoot.
2. Guiones de las demostraciones experimentales y puesta a punto de los experimentos.
3. Problemas no numéricos.
4. Cuestionarios teóricos con sus soluciones.
5. Test para el Campus Virtual.

En el inicio de cada tema de la asignatura, nos reunimos para la puesta en común del material elaborado por cada uno de nosotros.

Las metodologías docentes se aplicaron en dos de los grupos. La idea era que los otros grupos sirvieran como grupos de control para evaluar el impacto de dichas metodologías.

Durante las clases en estos dos grupos se realizaron cuestionarios utilizando la herramienta Kahoot que se responden con el móvil, el portátil o una Tablet. Se hicieron test de cinco preguntas al comienzo de la clase, y otras cinco al final. Así los alumnos pudieron evaluar el efecto de su atención en clase sobre su nivel de aprendizaje. La herramienta tuvo buena acogida y todos los alumnos de clase participaron. Se realizaron tres cuestionarios, uno por cada uno de los tres temas presenciales que se pudieron impartir. La previa intención de motivar a los alumnos con esta herramienta, creemos, que fue un objetivo conseguido.

Otro método motivacional que se introdujo en solo estos dos grupos fue la realización en clase de experimentos sencillos pero ilustrativos y hechos con materiales cotidianos. Creemos que conseguimos que el alumno viera que el experimento en donde se aplicaban conceptos del tema en curso, era algo que él podía hacer sin dificultad. Si lo puede hacer por sí mismo en casa y se lo puede explicar a otros, esto refuerza su motivación y su aprendizaje.

En cada uno de los tres primeros temas se realizó una actividad de problemas no numéricos o problemas de Fermi, y de nuevo, en solo dos grupos. Este tipo de problemas, donde se les pide la solución de un ejercicio sin ningún tipo de valor numérico, proporcionan al alumno una visión del orden de magnitud de las magnitudes que está utilizando y plantea resoluciones con un enfoque muy diferente al ejercicio de resolución clásica. Los problemas de Fermi inducen a crear diferentes caminos para resolverlos y a desarrollar una visión crítica de los resultados y de las relaciones entre los parámetros. Los alumnos participaron y tuvieron buena acogida a pesar de ser alumnos de primero, poco maduros.

Se elaboró un cuestionario para cada uno de los temas de la asignatura de manera que cada estudiante pudo trabajar de forma individual o colectiva. La idea fue plantear cuestiones conceptuales y problemas cortos para trabajar los conceptos de física que se están introduciendo de forma creciente en dificultad. Estos cuestionarios se siguieron elaborando durante la docencia *online*. Los alumnos utilizaron las tutorías para aclarar dudas sobre ellos antes y después de la declaración del estado de alarma de marzo. Estos cuestionarios se facilitaron a todos los grupos.

Se realizaron cuestionarios tipo test en la plataforma Moodle para ser contestados desde casa. Ya se habían puesto en marcha en cursos anteriores. Los alumnos tenían un margen de 48 horas para abrir el test y una vez abierto, debían responderlo típicamente en 2 horas. El resultado de estos test, uno por tema, formó parte de la evaluación continua. Eran cuestionarios de 10 preguntas escogidas aleatoriamente de un banco de preguntas dividido en subcategorías, donde la aleatoriedad de la pregunta se extiende hasta estas subcategorías. El porcentaje de presentados a estas pruebas fue muy alto, oscilando entre un 85 y un 90 % de los alumnos matriculados según los grupos. Durante el confinamiento esta herramienta fue ampliada y fue fundamental para la enseñanza no presencial llevada a cabo durante el confinamiento.

## 4. Recursos humanos

El equipo de innovación docente que ha desarrollado este trabajo ha estado compuesto por las siguientes personas:

Rodrigo García Hernansanz (Profesor Asociado/Investigador Postdoctoral)

María Rosa Cimas Cuevas (Técnico del C.A.I. de Técnicas Físicas)

Pablo Fernández Sáez (Técnico del C.A.I de Técnica Físicas)

Raúl de Diego Martínez (Investigador Postdoctoral)

Eric García Hemme (Profesor Contratado Doctor Interino)

María Luisa Lucía Mulas (Catedrática)

David Pastor Pastor (Investigador Ramón y Cajal)

Margarita Sánchez Balmaseda (Profesor Titular)

En este proyecto ha participado un grupo de profesores con amplia experiencia docente en la asignatura de Fundamentos de Electricidad y Electrónica y además su docencia siempre ha estado concentrada en el área de electrónica en varias titulaciones. Todos ellos imparten otras asignaturas del Grado en Física, Grado en Ingeniería electrónica de Comunicaciones, Grados en Ingeniería Informática, Software y Computadores, Máster en Energía y Máster en Nuevas Tecnologías Electrónicas y Fotónicas. Ello ha garantizado no solo la consecución de parte de los objetivos del proyecto hasta que llegó la pandemia, sino la creación de un material docente totalmente original y de calidad: una gran cantidad de problemas y ejercicios originales, experimentos sencillos, cuestionarios de discusión y un extenso banco de preguntas tipo test, material en su conjunto que consideramos es de una inestimable ayuda para este curso y los cursos venideros. Nuestra intención es seguir utilizándolo y actualizándolo. La participación de los dos miembros del PAS técnico de electrónica, ha sido fundamental para el diseño y realización de los experimentos llevados a cabo en clase.

Todos los miembros del equipo colaboraron en la elaboración del material: Test Kahoot (Eric, Raúl y David), Cuestionarios y solucionarios (Rodrigo, María Luisa y Margarita), Test Moodle (Rodrigo, Raúl, Margarita y María Luisa) y demostraciones experimentales en clase (Eric, Rosa y Pablo).

El análisis de los resultados del aprendizaje, dada la situación que vivimos con la COVID-19, no son concluyentes y difícil de realizar.

La combinación de la diferente experiencia docente y técnica del equipo ha permitido a los más jóvenes aprender de los más experimentados y por otro lado a los veteranos les ha permitido actualizar e incorporar nuevas herramientas o metodologías de innovación docente utilizadas por los docentes más jóvenes. Del personal técnico, hemos aprendido todos.

Este proyecto ha contado con dos de las tres únicas profesoras que hay actualmente trabajando en el área de electrónica en nuestra facultad, lo que puede ayudar a motivar a aquellas estudiantes que están cursando una carrera copada tradicionalmente por hombres y profesores.

El profesor David Pastor, impartió con anterioridad durante dos años clases de innovación docente basadas en los métodos de clase invertida en la *Paul A. Johnson School of Engineering and Applied Physics* de la Universidad de Harvard, junto a un grupo liderado por el profesor Eric Mazur.

Podemos decir que la variedad de miembros del equipo implicados y su experiencia técnica y docente, tanto clásica como en nuevas metodologías docentes, ha dado un buen resultado a pesar de la llegada de la pandemia a mitad del segundo cuatrimestre.

## 5. Desarrollo de las actividades.

Descripción de las actividades:

1. Cuestionarios Kahoot.
2. Diseño de experimentos a mostrar en clase.
3. Actividades de estimación. Problemas de Fermi.
4. Cuestionarios teóricos y solucionarios.
5. Test para el Campus Virtual.

Organigrama (Tareas personas)

Calendario (Curso)

Utilización del campus Virtual como herramienta de trabajo

En este apartado se detallarán las diferentes actividades que se llevaron a cabo con el alumnado de la asignatura de Fundamentos de Electricidad y Electrónica. El profesorado implicado en cada actividad ya ha sido detallado en los puntos previos de este informe, aunque hay que destacar que de manera general todo el equipo de este PIMCD ha participado y colaborado con ideas y propuestas. Esto destaca la gran motivación que ha experimentado el profesorado a la hora de llevar a cabo este PIMCD.

### 1. Cuestionarios Kahoot.

Estas actividades de test online de respuesta múltiples resultaron tener un gran éxito entre el alumnado, con una participación en todos los casos del 100 % de los alumnos. La mecánica de ejecución consistió en realizar un test al principio de la clase con preguntas muy sencillas donde se pretendía conocer la base previa que disponía el alumno (contenidos de cursos de bachillerato o FP) y un test al final de la clase, con preguntas específicas acerca de la materia estudiada ese día. De esta forma, el alumno podía experimentar in-situ el grado de aprovechamiento y atención que había prestado durante la clase. También comprobamos que estas actividades incrementaban la atención y buena disposición del alumnado, que se implicaba mucho más con el fin de ser capaces de responder el test correctamente al finalizar la clase.

En los anexos se podrán observar algunos de los resultados obtenidos de satisfacción realizados durante los test Kahoot.

### 2. Diseño de experimentos a mostrar en clase:

Esta actividad consistió en la realización de experiencias de catedra sencillas y preparadas con materiales cotidianos. La dinámica de preparación de las experiencias consistió en una primera reunión con los profesores involucrados y los técnicos de laboratorios. En esta reunión, se discutían las posibles experiencias a desarrollar y se seleccionaba por consenso una experiencia. A continuación, los técnicos encargados recolectaban el material necesario utilizando los medios disponibles en los laboratorios y montaban la experiencia. Por último, en una reunión general con todo el equipo del PIMCD se mostraba la experiencia, y se discutía la dinámica que se llevaría a cabo en clase con los alumnos.

El objetivo de estas actividades era mostrar de manera práctica y directa alguno de los fenómenos o principios físicos expuestos en clase. La dinámica consistió en la presentación de la experiencia y los materiales utilizado. A continuación, sin llevar aún a cabo la experiencia, se realizaban preguntas a los alumnos con el fin de que intentaran desarrollar una cierta intuición física utilizando los conocimientos que habían adquirido durante las clases previas. Por último, se llevaba a cabo la experiencia y se discutía con los alumnos que habían participado en las preguntas de intuición el resultado. Este tipo de actividades resultaron ser muy motivadoras

para los alumnos, puesto que aproximadamente un 25 % de los alumnos presentes en el aula participaban activamente en la discusión. Aunque este porcentaje pueda parecer bajo, hay que tener en cuenta que en condiciones normales de interacción profesor/alumno durante una clase, la participación es muchísimo menor, existiendo casos incluso en los que no hay participación por parte del alumno.

En los anexos se presentan los guiones que se realizaron para las tres actividades propuestas.

### 3. Actividades de estimación: problemas de Fermi:

En estas actividades los alumnos resolvían un problema no numérico al finalizar la clase. Estos problemas no numéricos se les planteaban con el objetivo de que los alumnos desarrollaran una intuición del orden de magnitud en el que deberían de moverse los valores de determinados parámetros físicos de un problema.

Para la realización de estas actividades de estimación, los profesores involucrados preparaban previamente una batería de problemas de estimación. En una reunión con los profesores responsables de ponían en común todos los problemas desarrollados y se llegaba a un consenso acerca del problema ideal para plantear en clase, en términos de dificultad, adecuación al temario y tiempo necesario para resolverlo.

Estas actividades se realizaban al finalizar la clase, dejando 10 minutos del tiempo de docencia para resolver el problema. La dinámica consistió en plantear el problema dándoles una hoja con el problema impreso y sobre la que podían realizar las anotaciones y cálculos que los alumnos consideraran oportunos. Durante el tiempo de resolución, el profesor responsable pasaba por las mesas y comentaba de manera individual los desarrollos de los alumnos, intentando guiarlos hacia el resultado adecuado dándoles pistas o pequeñas ayudas. Al finalizar el tiempo disponible, se realizaba un sondeo rápido de los órdenes de magnitud alcanzados por los alumnos y se realizaba una pequeña discusión acerca del método seguido por los alumnos. Lo más interesante fue comprobar que diferentes estrategias de resolución llevaron a los alumnos a resultados similares, cumpliendo así el objetivo de que los alumnos experimentaran pensamientos paralelos para llegar al mismo resultado, y que posteriormente discutieran entre ellos estos caminos de resolución alternativos.

### 4. Cuestionarios teóricos y solucionarios.

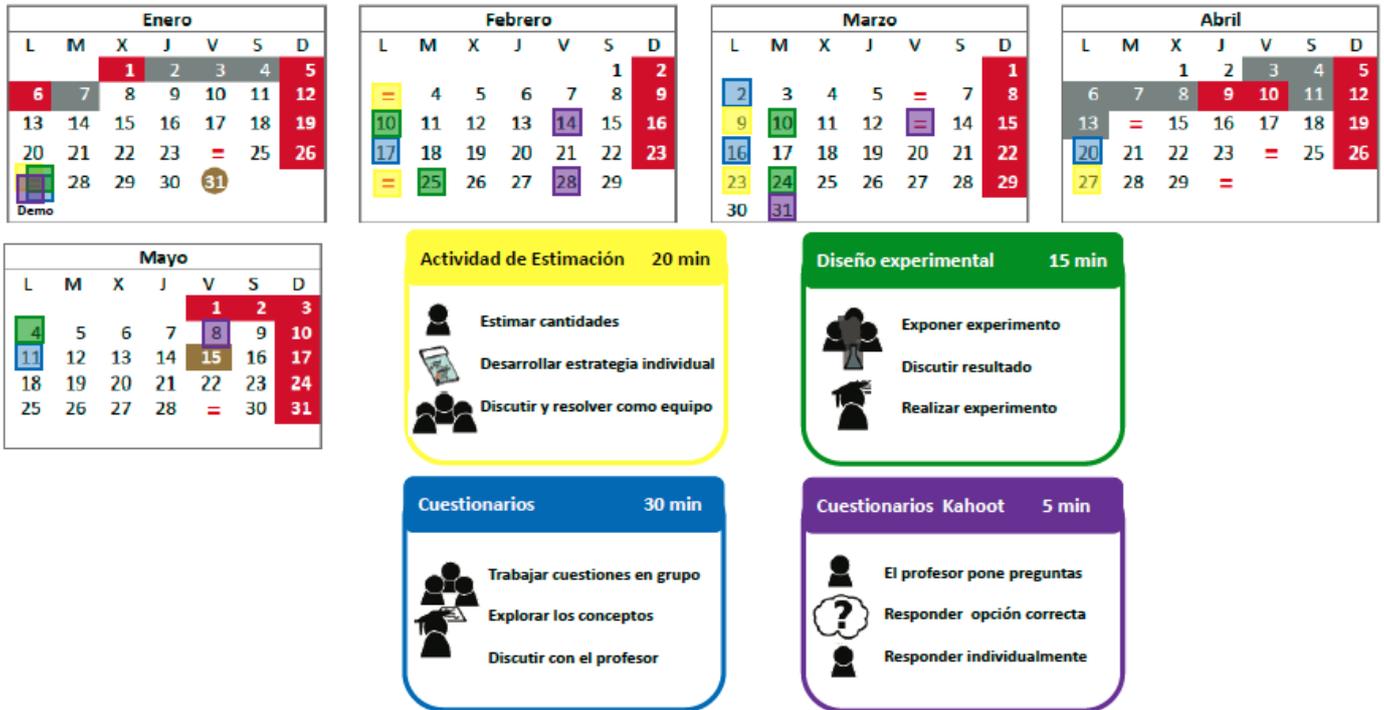
Los profesores que tenían esta tarea se reunían para proponer diferentes cuestiones que ayudaran a los alumnos a asimilar los principales conceptos de cada tema, planteando pequeños problemas, cuestiones de verdadero falso, interpretación de gráficas etc. Se elaboraron así mismo los solucionarios de los que dispusieron todos los profesores.

### 5. Test de evaluación realizados en el Campus Virtual.

Estos cuestionarios con un amplio banco de preguntas ha sido un trabajo casi cotidiano a lo largo del cuatrimestre. Llevan un gran trabajo, no solo de plantear e idear preguntas correctas o no, sino de elaboración figuras y de revisión de todas las respuestas y del diseño del propio test. Todos los profesores de la asignatura, en mayor o menor medida tuvieron que involucrarse, al ser una herramienta no solo de motivación y aprendizaje, sino también de evaluación

## 6. Anexos

### Cronograma actividades asignatura FEE curso 2019-20



### 1. Cuestionarios Kahoot.

Demo Kahoot proyecto			
Played on	27 Jan 2020		
Hosted by	dpastor7		
Played with	45 players		
Played	5 of 5		
Overall Performance			
Total correct answers (%)	70.67%		
Total incorrect answers (%)	29.33%		
Average score (points)	3585.78 points		
Feedback			
Number of responses	32		
How fun was it? (out of 5)	4.72 out of 5		
Did you learn something?	80.00% Yes	20.00% No	
Do you recommend it?	93.33% Yes	6.67% No	
How do you feel?	78.13% Positive	15.63% Neutral	6.25% Negative
Switch tabs/pages to view other result breakdown			

Demo Kahoot proyecto			
5 Quiz	La velocidad de la luz es igual a		
Correct answers	3x10 <sup>8</sup> m/s, 30x10 <sup>7</sup> m/s, 300x10 <sup>3</sup> Km/s		
Players correct (%)	71.11%		
Question duration	30 seconds		
Answer Summary			
Answer options	▲ 3x10 <sup>8</sup> Km/s	◆ 3x10 <sup>8</sup> m/s	● 30x10 <sup>7</sup> m/s
Is answer correct?	✗	✓	✓
Number of answers received		12	26
Average time taken to answer (seconds)		10.29	6.55
Answer Details			
Players	Answer	Score (points)	Current Total Score (points)
	✗ 3x10 <sup>8</sup> Km/s	0	825
	✓ 3x10 <sup>8</sup> m/s	1315	5562
666	✓ 3x10 <sup>8</sup> m/s	1290	5529
APR	✓ 3x10 <sup>8</sup> m/s	1180	3859
Adri	✗ 3x10 <sup>8</sup> Km/s	0	1430
Alan Turin	✗ 3x10 <sup>8</sup> Km/s	0	2023
Arenita	✓ 3x10 <sup>8</sup> m/s	898	1866
Ayyoub	✓ 300x10 <sup>3</sup> Km/s	925	2908
Bob	✓ 3x10 <sup>8</sup> m/s	878	3586

## 2. Diseño de experimentos a mostrar en clase.

### EL ELECTROSCOPIO

- Principio físico que ilustra  
Carga eléctrica. Fuerza electrostática.
- Descripción de la experiencia a realizar

Por frotamiento, cargaremos una varilla con electricidad estática. A continuación, acercaremos la varilla al electroscopio, cargando así el electroscopio. La aguja se desplazará y mantendrá dicho desplazamiento. Acto seguido, frotaremos varillas de diferentes materiales y los aproximaremos al electroscopio. Apreciando desplazamientos de la aguja, en uno u otro sentido, en función del signo de la carga eléctrica que adquieren las varillas de diferentes materiales.

- Fundamento teórico

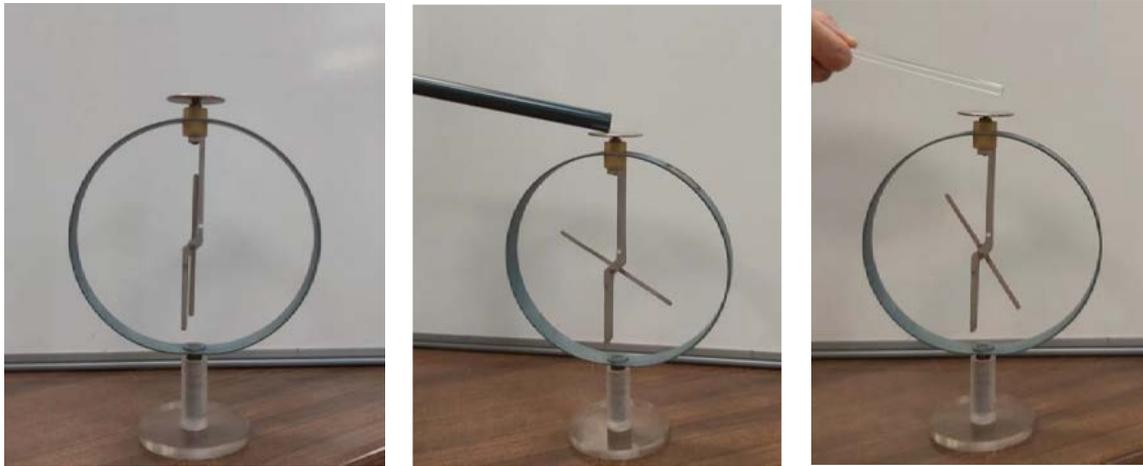
La varilla cargada electrostáticamente, al tocar la parte superior del electroscopio, transfiere parte de su carga. A su vez, parte de la carga pasa al soporte de la aguja y a la aguja, que al tener cargas de igual signo se separan por repulsión electrostática. El ángulo de separación, depende de la cantidad de carga acumulada. Si a continuación acercamos a la parte superior del electroscopio, otra varilla cargada, podremos apreciar un desplazamiento de la aguja. Dicho desplazamiento dependerá, de si la carga es del mismo signo, o de signo contrario al que almacenaba el electroscopio.

### Experiencia 1: Electroscopio

(Lo utilizamos como sensor de los tipos de signo, partimos de él con su “aguja” en perpendicular, solo la fuerza gravitatoria está actuando en este momento))

Carga por transferencia (primero cargar el electroscopio con una varilla), le acercamos dos varillas que hemos cargado por frotamiento, una varilla de un material plástico y una varilla de vidrio.

Vemos que se cargan diferente y que la aguja se mueve.



### Experiencia 2: Carga por inducción. Van der Graaf

Acercamos al Van der Graaf (Ahora en vez de usar una piel de gato para frotar, vamos a usar un equipo que nos facilitará el proceso, de forma mecánica un motor mueve una cinta plástica que carga una masa metálica aislada y acumula mucha energía) Cada esfera queda cargada con una carga de signo contrario, lo vemos en el electroscopio, cuanto menos cargado parece que funciona mejor.



### Experiencia 3: Encender un fluorescente con Van der Graaf.

Acercando el fluorescente vemos que si seguimos la “líneas equipotenciales” (paralelo) no se enciende y si lo colocamos atravesándolas (en oblicuo) se ilumina. (Aquí no presentamos la foto).

## Experiencia 4: Vasos de aluminio voladores.



## GUIÓN TEMA 2

### 1. Osciloscopio. Fuerza de Lorenz.

ENCENDER EL OSCILOSCOPIO Y AJUSTAR PARA MOSTRAR EL HAZ DE ELECTRONES PUNTUAL EN EL CENTRO DE LA PANTALLA



ACERCAR LOS IMANES POR LA PARTE SUPERIOR PARA QUE EL HAZ SE DESPLACE HACIA UN LADO



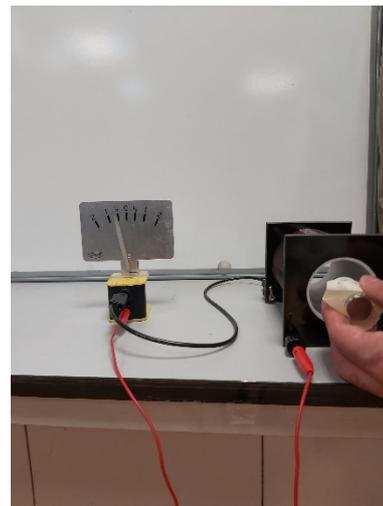
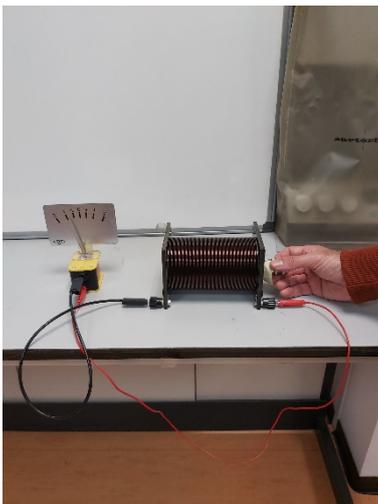
DAR LA VUELTA A LOS IMANES PARA OBSERVAR QUE SE DESPLAZAN AL LADO CONTRARIO



APROXIMAR LOS IMANES POR EL LATERAL DEL OSCILOSCOPIO. EL HAZ SE DESPLAZA EN VERTICAL. DAR LA VUELTA A LOS IMANES. EL HAZ SE DESPLAZARÁ EN SENTIDO CONTRARIO DE LA VERTICAL.

## 2. Bobina inducción magnética.

REALIZAR EL MONTAJE DE LA FIGURA. ACERCAR EL IMÁN A LA BOBINA. LA AGUJA SE DESPLAZARÁ EN FUNCIÓN DE LA CORRIENTE QUE SE INDUCE. OBSERVAR QUÉ SI EL MOVIMIENTO ES MUY LENTO, NO SE INDUCE CORRIENTE. Y CUANTO MÁS RÁPIDO SEA EL MOVIMIENTO, MAYOR SERÁ LA CORRIENTE INDUCIDA.



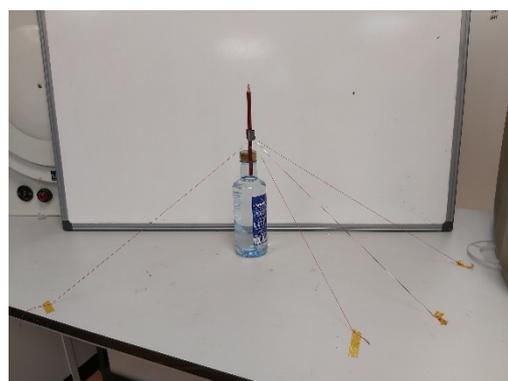
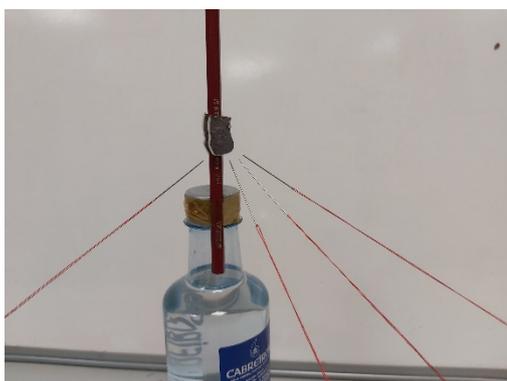
## 3. Botella limaduras de hierro.

SE COLOCAN LOS IMANES DE NEODIMIO EN LOS LATERALES DE LA BOTELLA. AL GIRAR LA BOTELLA, LAS LIMADURAS DE HIERRO SE ORIENTAN SIGUIENDO LAS LÍNEAS DE CAMPO MAGNÉTICO.



#### 4. Agujas flotantes.

REALIZAR EL MONTAJE DE LA FIGURA. LAS AGUJAS SE ORIENTAN Y SOSTIENEN POR EL CAMPO MAGNÉTICO QUE SALE DEL IMÁN DE NEODIMIO. PASAR UN PAPEL ENTRE EL IMÁN Y LAS PUNTAS DE LAS AGUJAS PARA DEMOSTRAR QUE NO HAY CONTACTO ENTRE LAS AGUJAS Y EL IMÁN.



### Tema 3:

#### EL CONDENSADOR

##### 4. Principio físico que ilustra

Almacenamiento de carga eléctrica.

##### 5. Descripción de la experiencia a realizar

Procederemos a cargar un condensador aplicando una diferencia de potencial en sus extremos. Acto seguido, utilizaremos la carga almacenada para alimentar un diodo LED.

##### 6. Fundamento teórico

Un condensador almacena carga eléctrica entre dos superficies conductoras separadas por un material dieléctrico. En el caso particular del condensador que utilizaremos en esta experiencia (Condensador electrolítico) las superficies

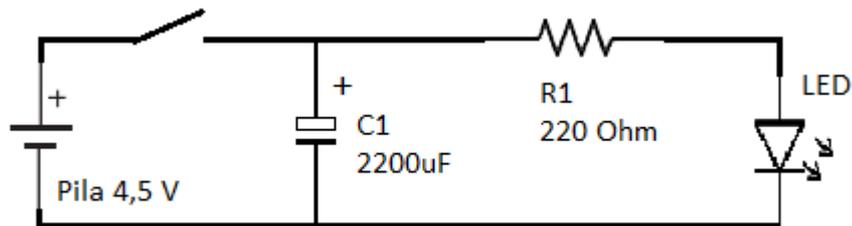
conductoras son sustituidas por un líquido iónico. De esta forma, conseguiremos almacenar mayor carga eléctrica, con un menor tamaño.

## 7. Materiales y montaje

Condensador electrolítico de 2200 uF

Resistencia de 220 Ohm

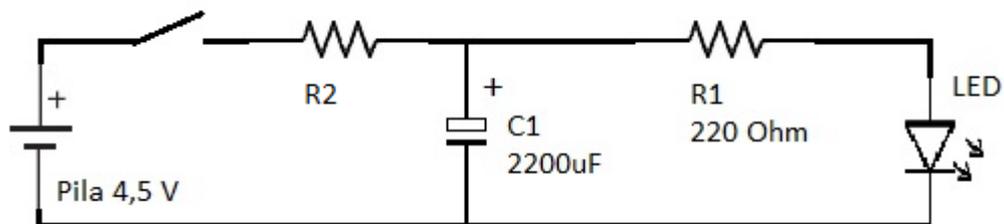
Pila de petaca de 4,5 V



En este circuito, al cerrar el interruptor se cargará “instantáneamente” el condensador y lucirá el diodo LED.

Al abrir el interruptor el condensador cederá su carga y el diodo LED lucirá hasta agotar la carga del condensador. (Nota: Considerar que R1 es una resistencia limitadora de la corriente que puede atravesar el LED sin llegar a dañarlo).

Pero, ¿qué ocurrirá, si delante del condensador colocamos una R2 como muestra la figura siguiente?



¿Cómo afecta el valor de R2 al conjunto R2-C1?

Sugerencia: Probar con varios valores de R2.

## 8. Observaciones

En el aula, con la finalidad de afianzar más el concepto de almacenamiento de carga del condensador, la experiencia se realizará en dos partes.

1. Primero se cargará el condensador poniéndolo en contacto con la pila (IMPORTANTE: PRESTAR ATENCIÓN A LA POLARIDAD DEL CONDENSADOR ELECTROLÍTICO. SI LO POLARIZAS AL REVÉS PUEDE ENTRAÑAR RIESGOS). Teóricamente, la carga del condensador es instantánea.
2. Se mostrará el condensador aislado a los alumnos. (PRECAUCIÓN: NO TOCAR LOS BORNES DEL CONDENSADOR, PUEDE ENTRAÑAR RIESGOS)
3. Se conectará el condensador al circuito Resistencia + LED.

### 3. Actividades de estimación. Problemas de Fermi

PROBLEMAS DE FERMI. EJEMPLO PROBLEMA PROPUESTO TEMA 3:

#### **Actividad de Estimación 3**

Lunes 9 de Marzo

1. Por fin llegan las vacaciones de verano y decides ir al extranjero durante tres meses para perfeccionar tu aprendizaje de inglés. Pero al irte se te olvida apagar lámpara LED de tu habitación. Estima cuanto supondrá esto en la factura de la luz a la vuelta de tus vacaciones. Unidades: [€].

#### **Empezando**

Necesito estimar el consumo de una lámpara LED que ilumina una habitación. Tendré que calcular a cuantas horas equivalen 3 meses. Después necesito estimar el precio del kWh de luz. Tengo que multiplicar el consumo de una lámpara LED en W por el tiempo de consumo en horas y multiplicarlo por el precio del kWh.

#### **Idear plan**

Estimar el consumo en vatios de una lámpara Led,  $P = 12 \text{ W}$ .  
Calculo el número de horas en 3 meses.  $3 \text{ meses} \times 30 \text{ días} \times 24 \text{ horas} = 2160 \text{ horas}$ .  
Estimar el precio medio del kWh = 17 céntimos €

#### **Ejecutar plan**

Calculo los kWh consumidos en los tres meses:

$$P \times t = 12 \text{ W} \times 2160 \text{ h} = 25.92 \text{ kWh}$$

Dividiendo el el consumo total entre el precio del kWh

$$\text{Precio} = \text{Consumo} \times \text{Precio del kWh} = 25.92 \text{ kWh} \times 17 \times 10^{-2} \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 4.4 \text{ €}$$

Orden de magnitud: 1

#### **Evaluar plan**

El consumo de una lámpara LED es muy bajo comparado con otros electrodomésticos por lo que este precio parece razonable. No parece que vaya a notar excesivamente el descuido en la factura de la luz.

2. En un bloque de pisos se han planteado cargar condensadores para el encendido de la luz de la escalera. Estima el valor de la capacidad equivalente que se necesitaría durante el tiempo que está encendida la escalera en dicho bloque de pisos. Unidades: [F].

#### **Empezando**

Debo estimar la resistencia de una lámpara Led en función de los vatios de la lámpara y la tensión que necesita. Después tengo que determinar cuántos pisos promedio hay en una vivienda y realizar una asociación de resistencias en paralelo de todas las lámparas repartidas por todos los rellanos del bloque para calcular la resistencia

equivalente. Por otra parte, debo estimar el tiempo que permanecen encendidas las lámparas desde que aprieto el botón hasta que se apagan. Para estimar la capacidad equivalente debo dividir ese tiempo entre el valor de la resistencia.

### Idear plan

Estimar el consumo en vatios de una lámpara Led,  $P= 12 W$ .

Estimar el voltaje de una lámpara LED,  $V= 12 V$ .

Estimar el número de pisos promedio de un bloque de viviendas: 5 pisos, más el bajo. 6 en total

Estimar el número promedio de lámparas por piso: 1 lámpara

Estimar el tiempo que permanecen encendidas las lámparas  $t= 120 s$

### Ejecutar plan

A partir de la potencia y la tensión de la lámpara,  $P=I.V$  obtenemos

$$I = \frac{P}{V} = \frac{12 W}{12 V} = 1 A$$

La resistencia la resistencia que pasa por el LED es  $V=I.R$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12 V}{1 A} = 12 \Omega$$

La resistencia equivalente total se obtiene asociando las resistencias de las lámparas Led de todo el bloque, de viviendas, 5 pisos más el bajo, seis en total.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{6}{R} = \frac{6}{12}$$

Donde el  $R_{eq}=2 \Omega$

Dado que  $\tau = R_{eq} \cdot C_{eq}$ ;

$$C_{eq} = \frac{\tau}{R_{eq}} = \frac{120 s}{2 \Omega} = 60 F$$

Orden de magnitud: 2

### Evaluar plan

Esta capacidad equivalente es muy grande. Las capacidades que hemos visto oscilan entre los  $\mu F$  y los pF. Para obtener esta capacidad equivalente deberíamos sumar en serie entre  $10^6$  y  $10^{12}$  condensadores. No parece que utilizar un circuito RC para iluminar un bloque de viviendas sea la mejor opción.

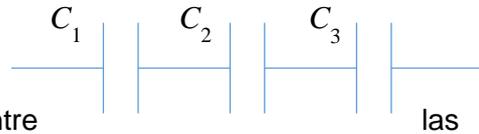
#### 4. Cuestionarios teóricos.

##### Cuestiones del Tema I

- 1.1.** Considera dos cargas  $q_1$  y  $q_2$  situadas en  $x = 0$  y en  $x = 10$  cm, respectivamente. Discute el posible sentido del campo eléctrico creado por estas cargas en todos los puntos del eje X suponiendo que:
- las dos cargas son iguales y positivas.
  - $q_2 = -q_1$  siendo  $q_1$  positiva.
- 1.2.** Razona cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas y cuáles falsas:
- Si en una superficie del espacio el potencial eléctrico es constante, en esa superficie el campo eléctrico es nulo.
  - Sabiendo que el potencial eléctrico es nulo en un punto del espacio, el campo eléctrico en ese punto también ha de ser nulo.
  - Si en una región del espacio existe un campo eléctrico uniforme y no nulo, en esa región del espacio el potencial es nulo.
- 1.3.** Discute y justifica la veracidad total o parcial de la afirmación siguiente:  
Si el potencial eléctrico existente en una cierta región del espacio se expresa por  $V = a/r$ , siendo  $a$  una constante y  $r$  la distancia desde cualquier punto a un origen de coordenadas, si movemos una carga testigo  $q_0$  alejándonos del origen, la energía potencial eléctrica de dicha partícula disminuye.
- 1.4.** Contesta los siguientes apartados:
- Si un condensador cargado se conecta en paralelo a otro descargado ¿qué ocurre?
  - Si un condensador cargado se conecta en paralelo a otro también cargado ¿qué ocurre?
- 1.5.** Contesta los dos apartados siguientes:
- Si se duplica el voltaje establecido entre las placas de un condensador, ¿cómo varía su capacidad?
  - Si variamos la distancia entre placas de un condensador de placas paralelas aislado ¿cómo cambia la energía eléctrica almacenada?
- 1.6.** Considera dos condensadores de capacidades  $C_1$  y  $C_2$ . Se carga  $C_1$  con una carga  $Q_1$  estableciendo una diferencia de potencial  $V_1$  entre sus placas. Análogamente, se carga  $C_2$  con una carga  $Q_2$  estableciendo una diferencia de potencial  $V_2$  entre sus placas. Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas:
- Si  $C_1 > C_2$  necesariamente  $Q_1 > Q_2$ .
  - Si  $C_1 = C_2$  y  $V_2 > V_1$ , necesariamente  $Q_2 > Q_1$
  - Si  $Q_1 = Q_2$  y  $V_2 > V_1$ , necesariamente  $C_2 > C_1$
  - Si  $V_1 = V_2$  y  $C_2 > C_1$ , necesariamente  $Q_2 > Q_1$
- 1.7.** Al aplicar un campo eléctrico a un material, este ejerce una fuerza constante sobre los portadores. De acuerdo con la segunda ley de Newton, una fuerza constante da lugar a una aceleración constante (es decir, un aumento continuo de la velocidad). Teniendo en cuenta que la intensidad de corriente eléctrica es proporcional a la velocidad de los portadores, ¿cómo puede ser que la corriente sea proporcional al campo (Ley de Ohm), en vez de aumentar con el tiempo?

1.8. Supongamos que, accidentalmente, conectamos una bombilla antigua preparada para 110 V a la red eléctrica moderna, que funciona a 220 V. ¿Disipa dos, cuatro, ocho o 100 veces más potencia?

1.9. Se carga con una batería un condensador plano-paralelo y una vez cargado, se desconecta. Si aumentamos la separación entre las placas, ¿cuáles de las siguientes magnitudes permanece constante?:

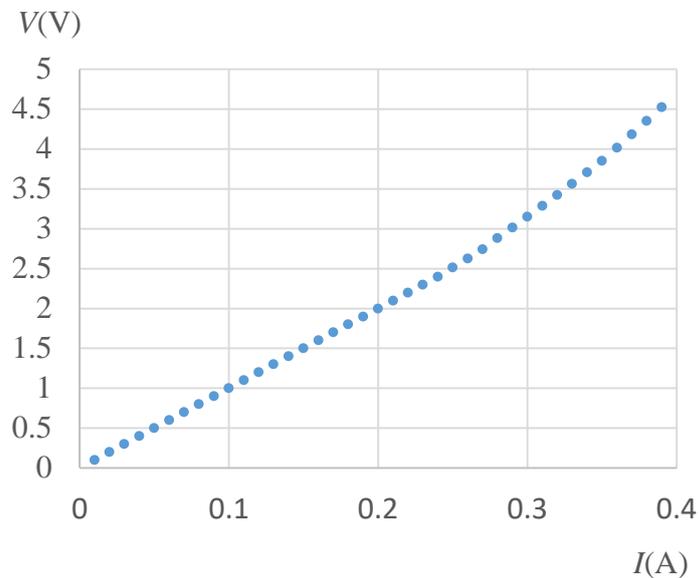


- a) La diferencia de potencial entre las placas
- b) El campo eléctrico entre las placas
- c) La energía almacenada en el condensador
- d) La carga
- e) La capacidad del condensador

1.10. Dada la combinación de condensadores de la figura, y teniendo en cuenta que  $C_1 < C_2 < C_3$ , la capacidad equivalente de dicha asociación es:

- a) Menor que  $C_1$
- b) Mayor que  $C_3$
- c) Entre  $C_2$  y  $C_3$
- d) Mayor que  $C_1$
- e) Su valor dependerá del voltaje aplicado

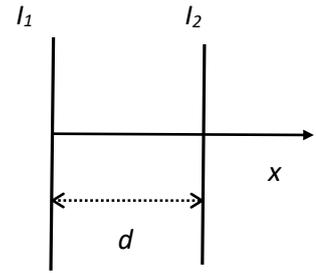
1.11. La gráfica muestra el ajuste lineal de los datos obtenidos en la medición de la característica tensión-corriente de una resistencia. Deduce su valor y explica el comportamiento de los datos obtenidos, sabiendo que la potencia de dicha resistencia es de 0,6 W.



## Cuestiones del Tema II

**2.1.** Considera dos hilos infinitos de corriente paralelos y situados perpendicularmente al eje X, y situados en  $x = 0$  y en  $x = d$ , respectivamente. Discute el posible sentido del campo magnético creado por estas cargas en todos los puntos del eje X suponiendo que:

- las dos corrientes son iguales y van en el mismo sentido.
- las dos corrientes son iguales y van en sentido contrario.



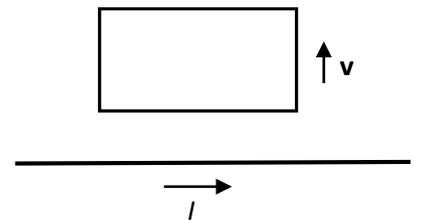
**2.2.** En una región del espacio existe un campo magnético uniforme. Razona cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas:

- En esa región del espacio, una carga  $q$  experimenta una fuerza no nula siempre y cuando se mueva a cierta velocidad.
- En esa región del espacio, una carga  $q$  experimenta una fuerza aunque esté en reposo.
- Para que en esa región del espacio una carga  $q$  en movimiento experimente una fuerza necesitamos que exista además un campo eléctrico.

**2.3.** Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son falsas y cuáles verdaderas.

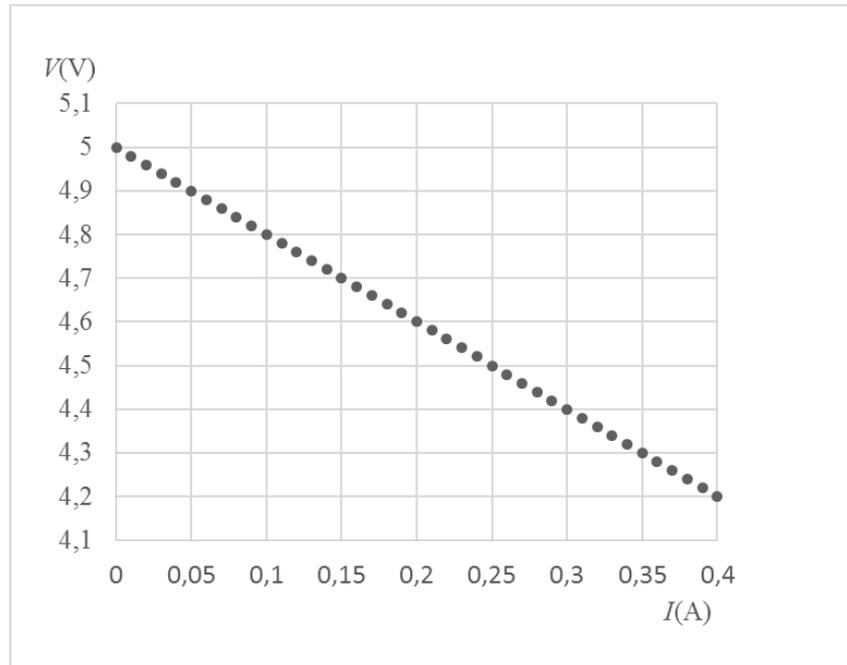
- Las ondas electromagnéticas son ondas transversales.
- En una onda electromagnética en el vacío, los campos eléctrico y magnético están en fase.
- En una onda electromagnética en el vacío, los vectores campo eléctrico y campo magnético tienen el mismo módulo.
- En una onda electromagnética en el vacío, la velocidad de la luz es ortogonal siempre a los vectores campo eléctrico y campo magnético.
- Los rayos X tienen mayores frecuencias que las ondas del espectro visible, mientras que éstas tienen mayores longitudes de onda que aquéllos.

**2.4.** Una corriente de intensidad  $I$  recorre el hilo en el sentido indicado en la figura. Una espira coplanaria al hilo se mueve con una velocidad  $v$ , como se muestra. Indica el sentido de circulación de la intensidad inducida en la espira considerando que la espira representa una resistencia  $R$ .



### Cuestiones del Tema III

3.1. La gráfica muestra el ajuste lineal de los datos obtenidos en la medición de la característica tensión-corriente de una fuente de tensión. Deduce los dos parámetros característicos de dicha fuente.



3.2 Explica cuándo una fuente de corriente se comporta como una fuente ideal ¿Cambiaría tu respuesta si fuera una fuente de tensión?

3.3 Se aplica una diferencia de potencial de 10 V en los extremos de una asociación de dos resistencias conectadas en serie. Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas:

- a) La diferencia de potencial entre los extremos de cada resistencia es la misma, independientemente del valor de las resistencias e igual a 10 V.
- b) La diferencia de potencial entre los extremos de cada resistencia es la misma, independientemente del valor de las resistencias, e igual a 5 V.
- c) La corriente es la misma en las dos resistencias, independientemente de sus valores.
- d) La corriente es mayor en la resistencia más pequeña.
- e) La diferencia de potencial entre los extremos de la resistencia más pequeña es más pequeña.

3.4 Se aplica una diferencia de potencial de 10 V en los extremos de una asociación de dos resistencias conectadas en paralelo. Indica cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas

- a) La diferencia de potencial entre los extremos de cada resistencia es la misma, independientemente del valor de las resistencias e igual a 10 V.
- b) La diferencia de potencial entre los extremos de cada resistencia es la misma, independientemente del valor de las resistencias, e igual a 5 V.
- c) La corriente es la misma en las dos resistencias, independientemente de sus valores.

3.6 Supón una resistencia conectada a una fuente de tensión ideal. ¿Qué ocurre, desde el punto de vista de la potencia, si se reduce el valor de la resistencia llegando al caso límite del cortocircuito? ¿Y si se aumenta su valor llegando al caso límite del circuito abierto?

3.7 Explica qué consecuencias tendría en una red eléctrica DC el poner en cortocircuito los diferentes elementos eléctricos que se detallan a continuación: un generador de corriente, una resistencia por la que circula corriente y un condensador cargado.

3.8 Explica qué consecuencias tendría en una red eléctrica DC el poner en circuito abierto los diferentes elementos eléctricos que se detallan a continuación: un generador de corriente, una resistencia por la que circula corriente y un condensador cargado.

3.9 Un condensador de 1 pF se conecta a un circuito que le suministra una intensidad de corriente constante de 1  $\mu$ A. a) ¿Cuánto tarda el condensador en alcanzar una diferencia de potencial de 5 V si inicialmente está descargado? b) ¿Cuánto tarda en cambiar su potencial de 5 V a 10 V?

3.10 Conectamos tres resistencias en paralelo. Si  $R_1 < R_2 < R_3$ , la resistencia equivalente de dicha asociación es:

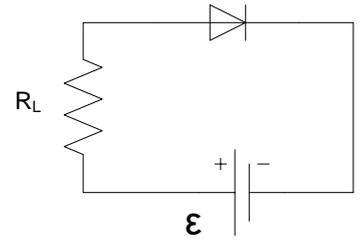
- f) Menor que  $R_1$
- g) Mayor que  $R_3$
- h) Entre  $R_2$  y  $R_3$
- i) Mayor que  $R_1$
- j) Su valor dependerá del voltaje aplicado

#### Cuestiones del Tema IV

1. Enumera todos los procesos y maneras que conozcas de aumentar la concentración de portadores de un determinado semiconductor intrínseco. En cada caso, explica por qué se producirá dicho aumento.
2. Explica cualitativamente cómo se modifica la concentración intrínseca de portadores de un semiconductor en función de la anchura de la banda de energía prohibida (*gap*).
3. Explica qué es la barrera de potencial de un diodo en equilibrio e indica qué partículas son responsables de su existencia. Discute cómo se ve afectada dicha barrera al polarizar el diodo, tanto en polarización directa como en polarización inversa.
4. Indica y justifica en qué sentido están dirigidas las corrientes de difusión y/o arrastre asociadas a electrones y huecos en un diodo en equilibrio, en polarización directa y en polarización inversa. Indica y justifica el sentido de la corriente neta del diodo en cada uno de los tres casos anteriores.
5. Explica por qué en polarización inversa la corriente de un diodo es prácticamente nula, mientras que en polarización directa puede ser muy elevada.

6. Dado el circuito se la figura, razona qué cambios sufren la tensión y la corriente del diodo en los siguientes casos:

- Se cambia  $R_L$  por una de menor valor.
- Se invierte la polaridad de la pila.
- Se invierte el sentido de conexión del diodo.
- Aumentamos el valor de la *fem* de la fuente de tensión.
- Se baja la temperatura del diodo.
- Se baja la temperatura de la resistencia de carga, sabiendo que es metálica.
- Se baja la temperatura de la resistencia de carga, sabiendo que es semiconductor.



7. En el circuito de la figura el diodo tiene una tensión de codo  $V_{D0} = 0,7 \text{ V}$ . Si  $I_D$  es la intensidad que atraviesa el diodo y  $V_D$  es la tensión entre sus terminales, razona la veracidad de las siguientes afirmaciones:

- Si el diodo está OFF,  $I_D = 0$ .
- Si el diodo está OFF,  $V_D = 0$ .
- Si el diodo está OFF,  $V_0 = 0$ .
- Si el diodo está ON,  $I_D = V_0/R_2$ .
- Si el diodo está ON,  $V_D = 0,7 \text{ V}$ .
- Si el diodo está ON,  $I_D = V_i/(R_1+R_2)$ .
- El diodo cambia de ON a OFF para:  $V_i = 0$ .
- El diodo cambia de ON a OFF para:  $V_i = 0,7 \text{ V}$ .

