

# Una metodología investigativa para enseñar Magnetostática

## A research-based methodology to teach Magnetostatics

RAFAEL ÁLVAREZ MOLINA

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1749-4946>

Universidad de Sevilla

Departamento de Física Aplicada I

[ralvarezmol@us.es](mailto:ralvarezmol@us.es)

Fecha de recepción: 02-06-2019

Fecha de aceptación: 04-06-2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447221912.001>

Pp.: 42-64



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons  
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0  
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

## Resumen

En este trabajo se describe la aplicación de un ciclo de mejora en el aula en la asignatura Física II de primer curso del Grado en Ingeniería del Diseño Industrial y Desarrollo del Producto. El modelo metodológico propuesto es de tipo investigativo, donde se plantea una pregunta inicial a los alumnos y éstos proponen hipótesis que deberán testear. Las actividades diseñadas incluyen discusión en grupos, fichas de actividades o visionado de experimentos. La comparación de cuestionarios realizados antes y después del ciclo refleja una mejora importante en los niveles de conocimiento de los alumnos respecto a los contenidos del tema. En una encuesta final, los alumnos declararon unánimemente preferir esta metodología a la tradicional.

Palabras clave: Física II, Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto, docencia universitaria, experimentación docente universitaria.

## Abstract

This paper describes the application of a teaching improvement cycle in the subject Physics II of the first year of the Engineering Degree in Industrial Design and Product Development. The proposed methodological model is of investigative type, where an initial question is posed to the students and they propose hypotheses that should be tested. The designed activities include discussion in groups, written workshops and videos of experiments. The comparison of questionnaires carried out before and after the cycle reflects an important improvement in the knowledge levels of the students regarding the contents of the subject. In a final survey, the students declared unani- mously prefer this methodology to the traditional one.

Keywords: Physics II, Engineering Degree in Industrial Design and Product Development, university teaching, university teaching experimentation.

## Breve descripción del contexto

Este ciclo de mejora en el aula (CIMA) se ha aplicado en la asignatura Física II de primer curso del Grado en Ingeniería del Diseño Industrial y Desarrollo del Producto. Es una asignatura cuatrimestral que comprende seis temas de entre dos y tres semanas de duración cada uno. El CIMA se aplicó en el tema cuarto: “Magnetostática en el vacío”, que es el primero que corresponde a la segunda mitad de la asignatura. Las clases son de 60 o 90 minutos, los miércoles, jueves y viernes por la tarde. El número de matriculados es de 71, de los cuales solamente 42 no son repetidores. La asistencia oscila entre unos 40 alumnos los miércoles y 20 los viernes. Tradicionalmente es una asignatura con muchos repetidores, y que los alumnos encuentran difícil (Furió y Guisasola, 1998).

## Diseño previo del CIMA

### *Mapa de contenidos*

El núcleo central del mapa lo constituye la relación entre cargas en movimiento y el campo magnético, de la que surgen todos los contenidos conceptuales del tema. La perspectiva histórica de esta relación se incluye aquí como contenido actitudinal, dado que su objetivo no es que los alumnos asimilen la historia del proceso, sino transmitirles los valores del método científico, y cómo los conocimientos acumulados a través de los siglos, cuando se presentan de forma ordenada, pueden ser piezas de un puzzle que nos permita desentrañar los secretos de la naturaleza. De la aplicación de estos contenidos aparecen los contenidos procedimentales, que se resumen en el cálculo de la

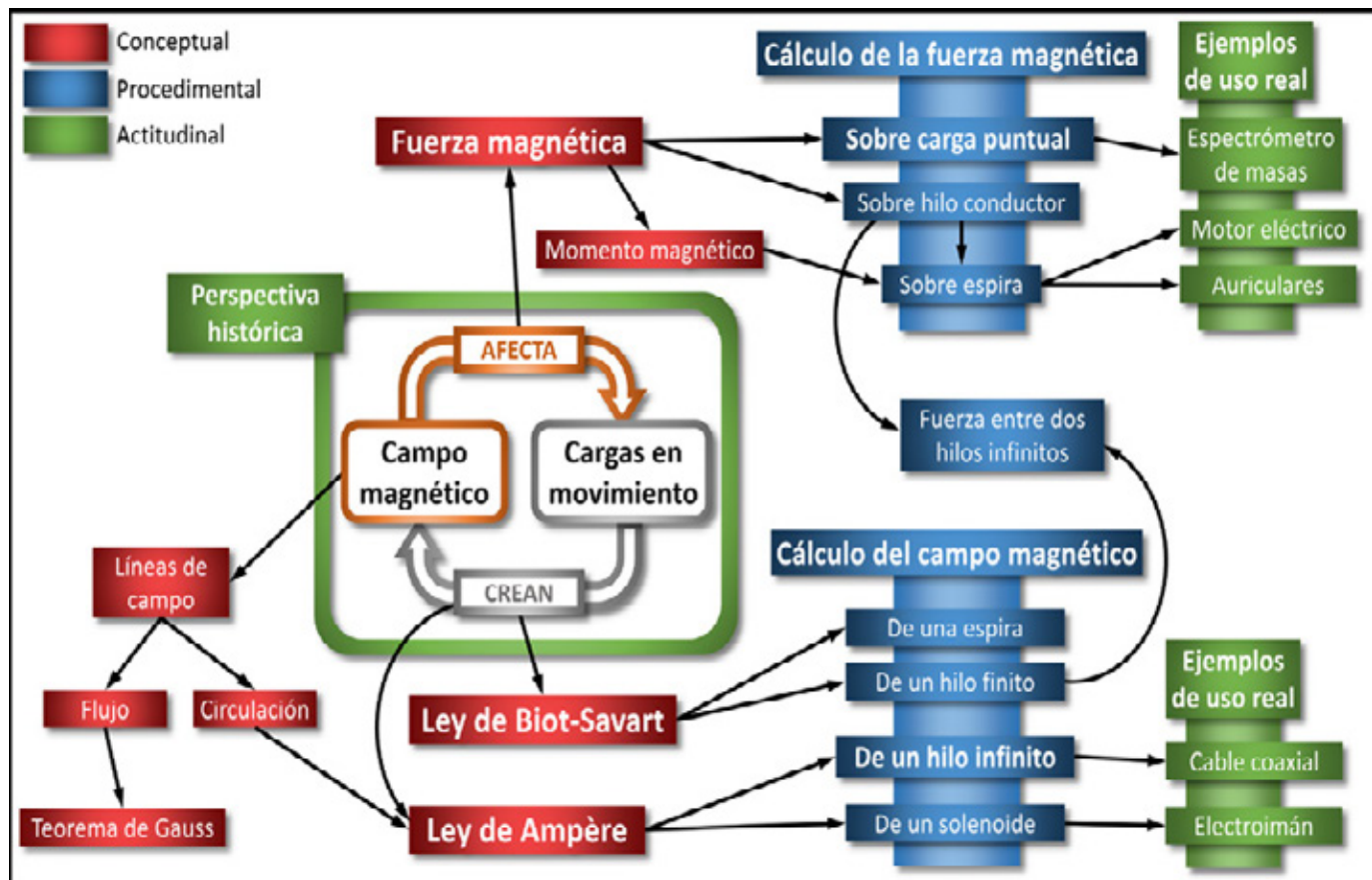


Figura 1. Mapa de contenidos

fuerza o el campo magnético producidos sobre o por ciertos sistemas. Finalmente, se incluyen ejemplos de aplicaciones de los contenidos anteriores, que se han marcado como contenidos actitudinales porque la razón principal de su inclusión no es tanto introducir conceptos o procedimientos, sino transmitir a los alumnos que por muy abstracto o teórico que parezca el contenido de la física, lo que se trata en clase tiene aplicaciones muy importantes para la vida diaria de las que puede que no fueran conscientes, y que conocer los contenidos de la asignatura les va a abrir la puerta a conocer mejor el mundo que les rodea.

### *Modelo metodológico posible*

Este modelo consiste en una implementación, dentro de lo que yo considero posible realizar en mi clase, del modelo metodológico basado en el método científico investigativo, o constructivista (Bain, 2007). La teoría no tiene un papel principal, sino que se equipara a otros aspectos como la divulgación de aplicaciones reales de los contenidos, actividades de discusión y razonamiento por parte de los alumnos, o la resolución de problemas. Comienza por el planteamiento de una pregunta inicial, que involucre e interese a los alumnos, y les haga proponer hipótesis razonadas como respuesta. Posteriormente, actividades pensadas para fomentar la discusión, o para ilustrar aplicaciones prácticas, se compaginan con el desarrollo teórico, que debe seguir siempre que se pueda el razonamiento de tipo socrático, donde los alumnos avanzan por sí mismos al ir respondiendo a preguntas del profesor que les acercan progresivamente a la respuesta final. Finalmente, los alumnos deben intentar resolver un problema relacionado con los contenidos anteriores, guiados si es necesario por el profesor. El proceso se repite comenzando con una nueva pregunta.

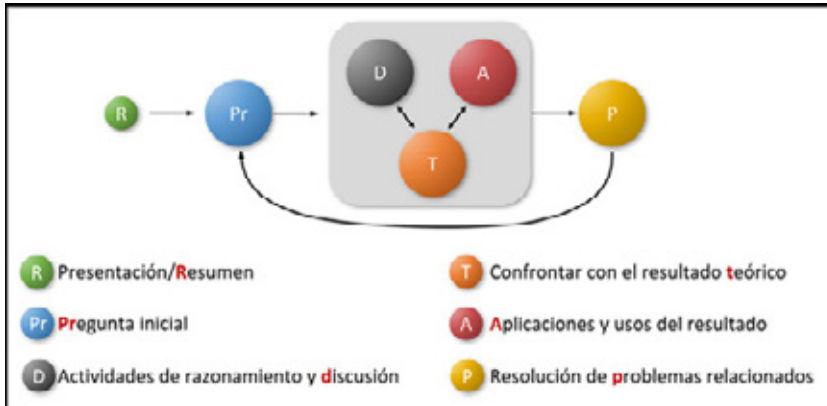


Figura 2. Modelo metodológico posible

## Secuencia de actividades

A lo largo de este CIMA se realizaron diferentes tipos de actividades, con características que vienen descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de actividades y su descripción.

Tipo	Características
Pregunta	Cada grupo debe proponer al menos una hipótesis o respuesta razonada a la pregunta. Aplicación de los principios de asignatura, que son el método científico, la elaboración de hipótesis y su contrastación, razonamiento, análisis y discusión. Los estudiantes deben perder el miedo a equivocarse, y el clima de la clase debe evolucionar hacia el debate abierto.
Taller	A los alumnos se les entrega una hoja con una serie de cuestiones que deben resolver, en principio de forma individual, pero con la posibilidad de acudir al grupo. Contarán en la misma hoja con las ecuaciones necesarias. Las cuestiones les guiarán paso a paso hacia la solución final. La hoja se la quedarán ellos como apunte de lo trabajado en clase. De esta forma, el alumno se vuelve protagonista de la enseñanza al resolver por su cuenta lo que antes resolvía el profesor en la pizarra. Además, les entrena en el razonamiento deductivo propio de la asignatura.

Explicación	El profesor expone brevemente y de forma cuantitativa un contenido al cual los alumnos ya han llegado de forma cualitativa
Multimedia	Visionado de información multimedia (videos, imágenes) que sorprenda a los alumnos y capte su atención, interesándoles por el fenómeno en estudio.
Teatro	Actividad que capte la atención de los alumnos y active su memoria.
Problema extra	Proponer un problema para casa, en ocasiones sacado de un examen anterior. Para incentivar a los alumnos, puede subir nota de teoría.

En la Tabla 2 se listan las actividades realizadas, su tipo, una breve descripción, y el tiempo estimado que se les dedicó.

Tabla 2. Secuencia de actividades

Actividades (Tiempo, min)	Contenidos
Pregunta (10)	¿Cómo afecta a la vida en la Tierra el campo magnético del planeta?
Explicación (10)	Exposición de la fuerza magnética como un resultado experimental
Teatro (10)	Regla de la mano derecha para la fuerza magnética
Taller (30)	Carga en movimiento en un campo magnético.
Multimedia (30)	Formación de Auroras boreales. Viento solar, y su efecto sobre astronautas y naves espaciales.
Multimedia (15)	Espectrómetro de masas
Taller (30)	Funcionamiento del espectrómetro de masas
Problema extra (5)	Cálculo de Fuerza Magnética sobre carga puntual
Pregunta (10)	¿Cómo funciona un motor eléctrico?

Taller (30)	Deducir la fuerza que ejerce un campo B sobre un hilo conductor por el que pasa una corriente I.
Pregunta (10)	Retomamos la pregunta ¿Cómo funciona un motor eléctrico?
Multimedia (10)	Motor eléctrico.
Explicación (10)	Exposición del momento de un par de fuerzas sobre una espira.
Pregunta (10)	¿Cómo funciona una brújula?
Pregunta (15)	¿Cómo funciona un electroimán?
Explicación (10)	Ley de Biot-Savart
Taller (30)	Calcular el campo creado por un anillo con corriente
Explicación (10)	Campo por hilo finito
Multimedia (10)	Experimento: Fuerza entre 2 conductores
Pregunta (10)	Fuerza entre 2 conductores: ¿Qué está pasando?
Taller (30)	Deducir la fuerza que se ejerce entre dos hilos conductores.
Taller (10)	Demostración cualitativa, mediante dibujos en papel, del Teorema de Gauss para el campo magnético
Pregunta (10)	¿Podemos definir un potencial magnético equivalente al eléctrico?
Explicación (10)	Ley de Ampère
Taller (30)	Deducir el campo magnético de un hilo infinito
Explicación (10)	Campo de un solenoide
Multimedia (10)	Electroimán/solenoide/válvula de solenoide



## Cuestionario inicial-final

Para evaluar los conocimientos previos de los alumnos sobre el tema, y como una herramienta de detección de posibles errores conceptuales, se pidió a los alumnos que respondieran a las preguntas siguientes, siempre desarrollando la respuesta:

1. ¿Cómo afecta a la vida en la Tierra el campo magnético del planeta?
2. ¿Puede afectar un campo magnético a una carga eléctrica?
3. ¿Cómo funciona un motor eléctrico?
4. ¿Cómo funciona un electroimán?
5. Al igual que existen el potencial gravitatorio y el eléctrico, ¿podemos hablar del potencial magnético?

El lector atento se habrá percatado de que esas mismas preguntas están en la lista de actividades como preguntas a los grupos. La idea era trabajarlas en clase, ya que son preguntas clave que abren la puerta a diferentes contenidos agregadores. Al final del tema, se les pasó a los alumnos el mismo cuestionario, para así poder evaluar la evolución de su aprendizaje.

## Aplicación del CIMA

### Relato resumido de las sesiones

#### Sesión 1 (90 minutos)

Comencé con una breve introducción, donde les comenté que para este tema tenía preparada una nueva forma de dar clase y una serie de actividades que esperaba les gustaran, y les pedí el compromiso de participación. A



continuación, se repartieron en grupos de entre 2 y 5 personas. Les dije que iba a plantear algunas cuestiones, y que cada grupo tenía que dar al menos una respuesta razonada, siempre dejando claro que no esperaba que me dieran la respuesta correcta, y que no pasaba nada por equivocarse. Que lo importante era que razonaran la respuesta (Bain, 2007). La pregunta inicial fue: ¿Cómo afecta el campo magnético de la Tierra a la vida en el planeta? Cuando todos tuvieron al menos una respuesta les pedí que las explicaran en voz alta grupo por grupo, y las fui apuntando en la pizarra. Luego las discutimos toda la clase, y, con mi guía, descartamos algunas respuestas que tenían errores conceptuales graves (Colombo y Fontdevila, 1990). Posteriormente les pedí que buscaran con sus móviles qué era el viento solar. Tras un tiempo, todos los grupos dieron sus respuestas, que pusimos en común. Fue interesante ver que aunque cada grupo había leído de la misma fuente (Wikipedia), unos se habían quedado con alguna información y otros con otra. La conclusión fue que el viento solar eran partículas cargadas que lanzaba el sol, que eran dañinas para la vida, y que el campo magnético de la tierra las desviaba. Pero surgieron temas tangenciales interesantes que se fueron discutiendo, como el efecto sobre los astronautas, o si las mutaciones eran buenas o malas para la vida. Como pregunta final les dije que cómo era posible que un campo magnético afectara a una carga eléctrica, y se inició un debate entre toda la clase en el que actué de moderador. La conclusión final fue que, si el campo magnético desvía a las cargas de alguna forma, debe ser que ejerce algún tipo de fuerza sobre ellas. En este punto, les expliqué de forma concisa (1 transparencia) que esa fuerza existe, y que se denomina fuerza de Lorentz o fuerza magnética. Para reforzar su memoria y, a la vez, llamar su atención, hicimos un teatro sobre la regla de la mano derecha: escogí a dos voluntarios para ser el campo magnético, les dije que, como estaban de pie, representaban un campo que iba hacia arriba, y los puse a ambos lados de un pasillo. Otro voluntario fue una carga positiva

con velocidad dirigida a lo largo del pasillo, al encuentro de los compañeros-campos. Le dije que cuando llegara a la altura de sus compañeros, que sacara la mano derecha y se agarrara al campo que pudiera. Al hacerlo, giró hacia la derecha, que es como cambia la trayectoria de una partícula cargada en esa situación.

A continuación, empecé una actividad que era nueva para mí: el taller conceptual (Finkel, 2008). Me llevó mucho tiempo preparar 6 talleres para el tema, y estoy satisfecho del resultado, pero en este punto no sabía si iba a ser una actividad que fuera a funcionar. Consiste en entregar a cada alumno una hoja donde hay una serie de preguntas que llevan a la demostración de un resultado teórico o a la resolución de un caso práctico. Las preguntas están diseñadas de forma que guían al alumno para que resuelva utilizando únicamente su razonamiento, sin pedirle conocimientos extra, y con muchos pasos intermedios. Los conocimientos necesarios para la resolución (generalmente una, o dos fórmulas) se dan en la misma página. Los alumnos deben resolver la hoja en los mismos grupos en que estaban anteriormente, aunque todos deben rellenar su propia hoja, que se llevarán luego a casa a modo de apuntes de la asignatura. Les dejé claro que no se iban a calificar las hojas, que eran para uso personal de ellos.

Tras repartir las hojas, se pusieron a trabajar ellos solos, y yo me paseé entre los grupos dispuesto a responder preguntas si fuera necesario. Para mi satisfacción, la actividad gustó mucho a los alumnos, que (en algo más de tiempo del que yo había estimado) resolvieron la mitad de las cuestiones.

### *Sesión 2 (90 minutos)*

Tras terminar el taller 1, y para cerrar la pregunta inicial que les hice en la sesión anterior, les puse una serie de imágenes y videos (Temporini y Pagani, 2018) donde se veía cómo el campo magnético desvía el viento solar. También les puse un vídeo de un cometa, y les expliqué que

su cola la causa el viento solar, y que si no hubiera campo magnético el viento solar arrastraría al espacio la atmósfera de la tierra. Se abrió un diálogo en el que los alumnos preguntaron dudas sobre el espacio, sobre agujeros negros, sobre el color de las auroras en otros planetas y sobre el porqué del campo magnético de la tierra. Al hilo de eso, les pregunté si sabrían diferenciar un huevo fresco de uno cocido sin abrirlos, y relacioné esa explicación con la del campo magnético. Finalmente les propuse que hicieran otro taller, en el que ellos debían deducir cómo construir un espectrómetro de masas, guiados paso a paso por preguntas diseñadas con ese propósito por mí.

### *Sesión 3 (60 minutos)*

Continuamos con la realización del taller 2. Mientras tanto, me paseé entre las mesas y respondí alguna pregunta. A continuación, como tarea individual para casa, les mandé un ejercicio de un examen de otro año. Les recalqué que, con lo trabajado ese día en clase, deberían ser capaces de hacerlo, y que, si no lo eran, que se preocuparan de preguntar dudas, bien en clase o en tutorías. El hecho de escoger un ejercicio de examen fue para llamar su atención sobre que lo que habían hecho en clase podía afectar positivamente a su calificación de la asignatura. Para finalizar, les lancé una pregunta por grupos de las que les puse en el cuestionario inicial: ¿Cómo funciona un motor eléctrico? Tras dejarles un tiempo de animada discusión, y apurando el final de la clase, recogí una hipótesis de cada grupo.

### *Sesión 4 (90 minutos)*

Empezamos la clase poniendo en común las hipótesis con las que acabamos el día anterior, y concluimos que debe haber una fuerza magnética actuando, no ya sobre cargas, sino sobre conductores por los que pase corriente. Al hilo de esto, les pasé la ficha del taller 3. Fue tremendamente satisfactorio ver a los alumnos discutir sobre física,

intentando razonar qué fuerza aparece sobre un conductor por el que pasa una corriente cuando está sometido a un campo magnético. Al resolverlo en la pizarra tuve la sensación de estar respondiendo a preguntas que se habían estado haciendo, lo que fue muy gratificante. Para que todos lo vieran de forma cualitativa, les puse un video con una explicación esquemática del funcionamiento de un motor. A continuación, les puse una transparencia donde, de forma cuantitativa, les definí el momento magnético de una espira. Para finalizar la clase les planteé otra pregunta: ¿cómo funciona una brújula? De nuevo se pusieron a discutir por grupos, y les fui preguntando las hipótesis que iban proponiendo.

### *Sesión 5 (90 minutos)*

Les planteé la pregunta de cómo funciona un electroimán. Para que supieran de qué estaba hablando, y para estimularlos y llamar su atención, les proyecté un video de 4 minutos sacado de una película de acción, en la que se usa un electroimán para levantar un coche con un helicóptero. Tras un tiempo de debate en grupo, durante el cual me paseé por las filas atento a ver si cada grupo tenía ya una hipótesis, apunté en la pizarra las propuestas a las que habían llegado. Prácticamente todos llegaron a que debe de haber una bobina de hilo conductor, y que al pasar corriente por ella aparece un campo magnético. Ya que tenían la idea de forma cualitativa, les expliqué con una transparencia la forma cuantitativa en la que se relaciona la corriente de un conductor con el campo magnético que genera: la ley de Biot y Savart. A continuación, les repartí la ficha del taller 4: cálculo del campo magnético producido por una espira, que es una aplicación de lo que acabábamos de ver. Como siguiente actividad, les resolví en una transparencia otro caso de aplicación de la ley (campo creado por un hilo conductor recto). Para finalizar, les dije que ya deberían ser capaces de resolver una serie de problemas de la relación, y les mandé para casa uno de ellos.

### Sesión 6 (60 minutos)

Para empezar la clase les puse un video de un experimento en el que se hace pasar una corriente por dos hilos paralelos que están uno junto a otro, y se ve que cuando las corrientes van en el mismo sentido, los hilos se juntan, mientras que si van en sentidos opuestos, los hilos se repelen. Les pedí que, como siempre, trabajaran en grupos y me elaboraran una hipótesis de lo que podía estar pasando ahí. Hicimos una puesta en común de hipótesis y razonamos la solución de forma cualitativa. A continuación, les repartí la ficha del taller 5: cálculo de la fuerza entre dos conductores paralelos por los que pasa corriente. Al acabar la ficha les hice una explicación con un par de transparencias sobre las líneas de campo magnético, y les razoné de forma cualitativa el teorema de Gauss para el campo magnético y por qué no podemos definir un potencial magnético equivalente al eléctrico, que era una de las preguntas del cuestionario inicial. De nuevo les puse una transparencia donde les expuse la ley de Ampère, haciendo mucho hincapié en comparar todos los resultados con el campo eléctrico (que ya conocían). Para que aprendieran a utilizar la ley de Ampère, les repartí la última ficha: cálculo del campo magnético producido por un hilo infinito, mediante la ley de Ampère.

### Sesión 7 (60 minutos)

Al empezar, les pasé el cuestionario final seguido de una encuesta que había desarrollado para conocer su opinión sobre la metodología de este ciclo de mejora en el aula, con 7 preguntas:

1. ¿Con qué método de enseñanza crees que aprendes más, con éste o con el tradicional? ¿Por qué?
2. ¿Qué te ha parecido trabajar en grupo?
3. ¿Qué te han parecido las fichas de actividades?
4. ¿Te gustaría que este método se aplicara a todos los temas de la asignatura?

5. Di lo que más y lo que menos te ha gustado del nuevo método.
6. ¿Te gustaría cambiar la evaluación por parciales por otra basada en el trabajo en clase y en casa, donde la asistencia fuera obligatoria?
7. ¿Hay algún detalle o actividad que te gustaría mantener en todas las clases de la asignatura?

Al acabar los dos cuestionarios, seguimos con la ficha del taller 6. Para terminar la clase y el tema, les puse una transparencia con otro ejemplo de aplicación de la ley de Ampère: el campo de un solenoide, y vimos un video corto donde se explicaba el funcionamiento y la multitud de aplicaciones que tienen las válvulas de solenoide.

## Evaluación del aprendizaje de los alumnos

Tal como se recomienda (Rivero y Porlán, 2017), realicé el mismo cuestionario inicial y final a los alumnos. Las preguntas fueron seleccionadas para que cubrieran todo el mapa de contenidos, y fueron planteadas en un lenguaje asequible a los alumnos, evitando formalismos (Bain, 2007). También se buscó que fueran preguntas que pudieran despertar su interés en la asignatura, y de hecho se utilizaron como preguntas iniciales de la metodología investigativa que se ha llevado a cabo durante este segundo ciclo de mejora en el aula.

Finalmente hubo 20 alumnos con los que poder hacer el estudio comparativo. Los diferentes niveles de respuesta (escalones) a las preguntas planteadas se encuentran en la Tabla 3.

Tabla 3. Preguntas del cuestionario y niveles de respuestas

Pregunta 1	Pregunta 1: ¿Cómo afecta el campo magnético de la Tierra a la vida en el planeta?
Respuesta 1.1	Error conceptual/No sabe/No contesta/No razona

Respuesta 1.2	Tierra es un imán, y afecta a brújulas y comunicaciones
Respuesta 1.3	Tierra es un imán, y de alguna forma protege del viento solar
Respuesta 1.4	El campo magnético de la Tierra desvía las cargas de alta energía que componen el viento solar, gracias a la fuerza magnética que aparece sobre cargas en movimiento
Pregunta 2	Pregunta 2: ¿Puede afectar un campo magnético a una carga eléctrica?
Respuesta 2.1	Error conceptual/No sabe/No contesta/No razona
Respuesta 2.2	Sí, hace que aparezca una fuerza sobre la carga/mueve la carga
Respuesta 2.3	Si, afecta a cargas en movimiento con una fuerza perpendicular al campo magnético
Respuesta 2.4	Si, crea una fuerza $F=qv \times B$ , proporcional a la velocidad, la carga y el campo, de dirección perpendicular a $v$ y a $B$ y sentido dado por la regla de la mano derecha
Pregunta 3	Pregunta 3: ¿Cómo funciona un motor eléctrico?
Respuesta 3.1	Error conceptual/No sabe/No contesta/No razona
Respuesta 3.2	Con electricidad y magnetismo combinados, pero no sabe cómo
Respuesta 3.3	Corriente eléctrica crea un campo magnético/Campo magnético crea una fuerza sobre corriente
Respuesta 3.4	Al pasar corriente por una espira situada dentro de un campo magnético, aparece un momento de rotación que hace girar la espira.
Pregunta 4	Pregunta 4: ¿Cómo funciona un electroimán?
Respuesta 4.1	Error conceptual/No sabe/No contesta/No razona
Respuesta 4.2	Un imán que funciona con electromagnetismo
Respuesta 4.3	Un aparato que crea campo magnético al pasar por él una corriente
Respuesta 4.4	Una aplicación de la creación de campo magnético por corrientes eléctricas. Generalmente tiene forma de solenoide. Se usa en válvulas, reciclaje, grúas, timbres, trenes magnéticos...



Pregunta 5	Pregunta 5: Al igual que existen el potencial eléctrico y gravitatorio, ¿podemos hablar del potencial magnético?
Respuesta 5.1	Error conceptual/No sabe/No contesta/No razona
Respuesta 5.2	Está seguro de que no, porque recuerda estudiarlo, pero no sabe por qué
Respuesta 5.3	No, porque el campo magnético no es conservativo (pero no sabe explicar qué significa eso)
Respuesta 5.4	Cuando calculamos la circulación del campo magnético alrededor de un camino cerrado no da cero, por lo que no podemos definir una diferencia de potencial que dependa solamente de las posiciones inicial y final

## Cuestionarios inicial y final

En la figura 3a se han representado gráficamente en forma de histograma las distribuciones de resultados obtenidos para cada una de las preguntas del cuestionario inicial. Se aprecia una clara predominancia de respuestas que caen en la categoría más baja (1<sup>o</sup>) para todas las preguntas del cuestionario. Ninguno de los alumnos fue capaz en este momento de dar ninguna respuesta de nivel 4<sup>o</sup>.

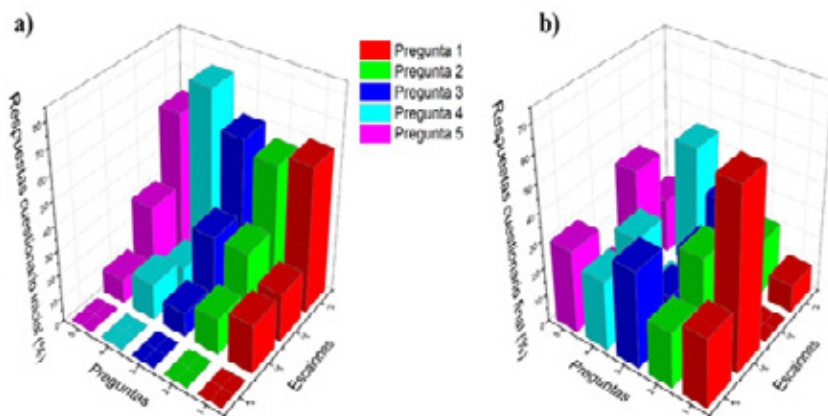


Figura 3: Distribución de las respuestas a los cuestionarios inicial (a) y final (b).

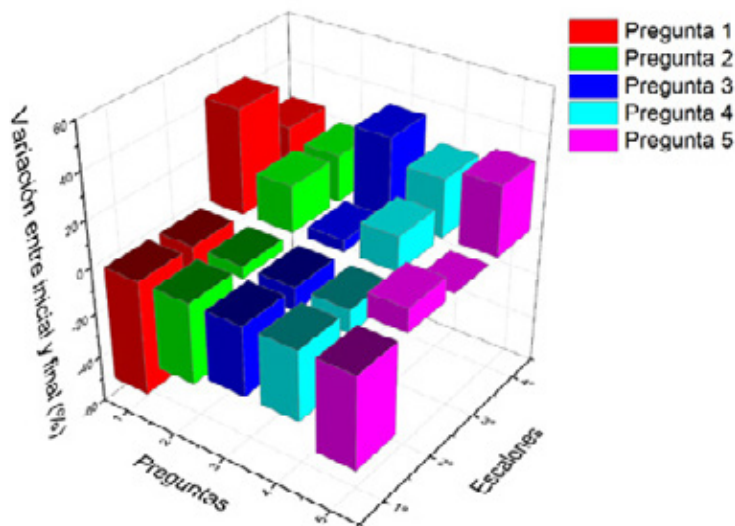


Figura 4: Distribución porcentual de la variación de las respuestas de los alumnos entre los cuestionarios inicial y final.

El análisis de la distribución de las respuestas de los alumnos por niveles se representa en la figura 3b. Los resultados muestran una clara mejora en el nivel de las respuestas de los alumnos. Lo primero que salta a la vista es el aumento en los niveles superiores (3º y 4º), que en el inicial estaban casi vacíos. Para mejor visualizar las variaciones porcentuales en los niveles de las respuestas entre el cuestionario inicial y el final, y para facilitar el análisis, se ha realizado una representación de dichas variaciones en la figura 4 (Nótese que, para facilitar la visualización de los resultados, el orden del eje “Preguntas” se ha invertido respecto al de las figuras 3a y 3b, así como el de “Escalones”). Esta figura ilustra de forma clara el cambio de tendencia en las respuestas, que disminuyen porcentualmente para (prácticamente) todas las preguntas en los niveles 1º y 2º, y se ven incrementadas consecuentemente para los niveles más altos (3º e incluso 4º).

## *Análisis individual de la evolución de las respuestas de cada alumno a los cuestionarios inicial y final*

Para poder visualizar de una forma gráfica la información de los niveles de respuesta de cada alumno a los cuestionarios inicial y final, así como su evolución, he diseñado los mapas de nivel que se muestran a continuación. En el primer mapa (figura 5) se representan los niveles de respuesta de los alumnos al cuestionario inicial, de forma individual. La escala de colores se ha elegido para que la intensidad del color aumente con el nivel de corrección de la respuesta. Si en el estudio estadístico del apartado anterior ya se veía que la gran mayoría de los alumnos se quedaron en el primer nivel, esta figura lo muestra visualmente de forma inequívoca, dada la predominancia del color gris entre todos los alumnos y entre todas las preguntas. El orden en que se han colocado los alumnos en el eje horizontal no es casual: a la izquierda están lo que mejor resultado han obtenido de forma global (promediando entre todas las preguntas) en el cuestionario final, y dicho resultado decrece al desplazarnos hacia la derecha.

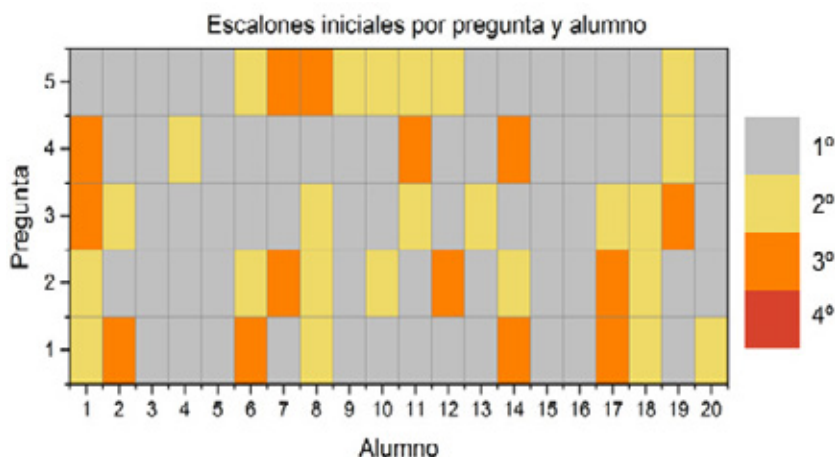


Figura 5: Mapa de nivel con las respuestas de los alumnos al cuestionario inicial.

En el segundo mapa (figura 6) podemos ver cómo han mejorado de forma individual los resultados al hacer el cuestionario final. El rojo y el naranja llenan el mapa, y hay alumnos (los de la izquierda) que han obtenido un resultado excelente. También se han dado casos de alumnos que se han quedado en los primeros escalones, pero en general el resultado final de los alumnos ha saltado al nivel 3º y hasta el 4º en muchos casos.

Finalmente, para poder evaluar el progreso individual entre las respuestas a los cuestionarios inicial y final, en la figura 7 se ha representado la variación de nivel entre ambos cuestionarios para cada uno de los alumnos y en cada una de las respuestas. No es ninguna sorpresa encontrar que, en general, los alumnos que más han aumentado de nivel están situados a la izquierda del mapa, por lo que coinciden con los alumnos que mejor han respondido al cuestionario final. Y viceversa: los alumnos que menos han mejorado (algunos hasta han bajado un nivel) se encuentran en la zona de la derecha del mapa, correspondiente a los alumnos con peores resultados en dicho cuestionario. Para los casos de los alumnos con mejores resultados, puede verse cómo de hecho no han tenido que aumentar tanto de nivel para llegar al nivel máximo como otros alumnos, por lo que valorar en exceso la progresión entre cuestionarios, en lugar del resultado final, les perjudicaría injustamente.

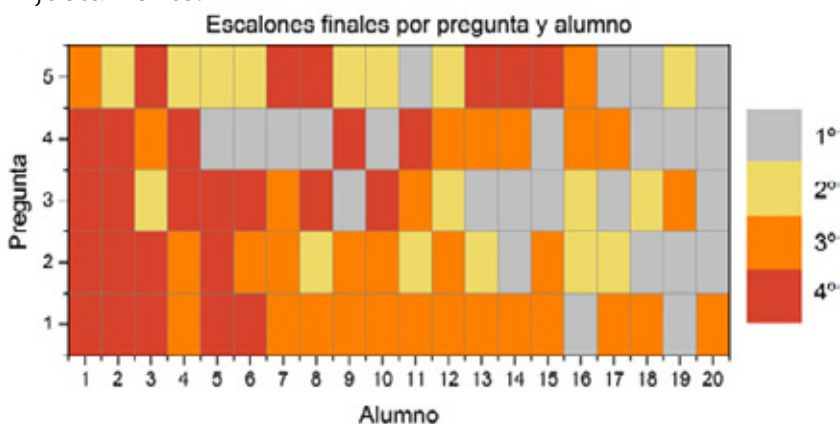


Figura 6: Mapa de nivel con las respuestas de los alumnos al cuestionario final.

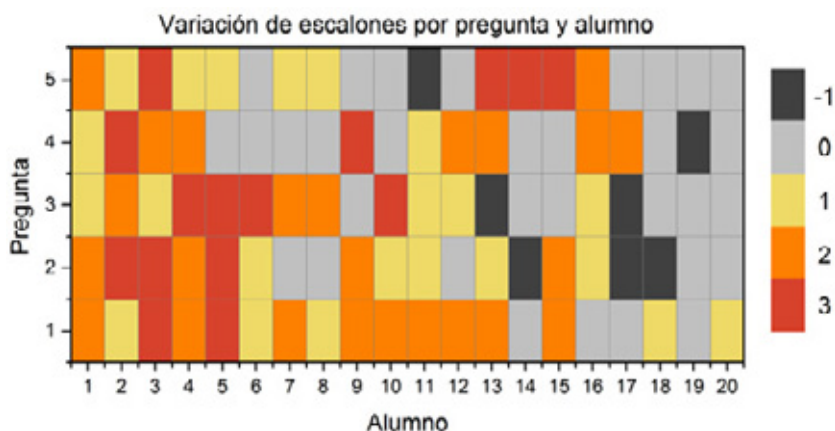


Figura 7: Mapa de nivel con la variación de los niveles alcanzados por las respuestas de los alumnos entre los cuestionarios inicial y final.

## Evaluación del CIMA

Atendiendo a las respuestas que han dado los alumnos a las preguntas del cuestionario de opinión, las fichas han sido un éxito rotundo: todos piensan que les ayudan a pensar y a comprender mejor los contenidos. El trabajar en grupo les ha parecido en general muy positivo, aunque algunos se quejaban del ruido que se generaba en la clase. Ciertamente el entorno de bancos corridos fijados al suelo no es el idóneo para trabajar en grupo. Les han gustado los vídeos, el plantear hipótesis para explicar resultados de experimentos, y los teatros. Lo que menos les ha gustado tiene más que ver con que saben que después de todo, les van a pedir en un examen que resuelvan una serie de ejercicios, y eso les preocupa. La mayor diferencia de opinión ha estado en el tema de la evaluación: a la mitad les parece una idea estupenda hacer una evaluación basada en el trabajo en clase y en casa, y a la otra mitad les parece una idea horrorosa.

Respecto a mi opinión, creo que los alumnos han aprendido más con este método, han trabajado más y se han interesado realmente por cuestiones de la asignatura

de una forma que no había visto hasta ahora, así que por mi parte lo considero un éxito. He disfrutado mucho dando así las clases, y oyéndolos discutir en clase sobre física, queriendo entender realmente lo que ocurre en un experimento.

### *Aspectos a incorporar a toda la práctica docente habitual*

Si tuviera que escoger una sola idea que incorporar a mi práctica docente de lo aprendido en este CIMA, es que no se puede dar una respuesta a una pregunta que el alumno no se haya planteado previamente (Bain, 2007). Pienso empezar todos los temas planteando una pregunta inicial, asociada al funcionamiento de algún dispositivo, o algún experimento que les impresione, o algún fenómeno natural que les pueda interesar, y hacerles proponer hipótesis. Visto el éxito de las fichas-taller, voy a desarrollar unas cuantas para cada tema. No creo que les dé una por clase, como en este ciclo, pero sí unas cuantas por tema. De hecho, mi idea es hacer algunas orientadas a la resolución de problemas (Varela y Martínez, 1997), además de las de desarrollo de contenidos teóricos, ya que parece que es lo que más han echado de menos. Voy a intentar convertir poco a poco la metodología de mis clases al modelo posible que he estado implementando estos días. Me ha parecido muy útil el uso de los cuestionarios inicial y final. Pienso usar el inicial para detectar errores de base y tomar el pulso al nivel de la clase y me gustaría usar el final como herramienta para calificar.

## Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2007). Lo que hacen los mejores profesores universitarios. Valencia: Universitat de València
- Colombo, L. y Fontdevila, P. (1990). Concepciones previas en el aprendizaje significativo del electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 215-222.
- Finkel, D. (2008). Dar clase con la boca cerrada. Valencia: Universitat de València
- Furió, C. y Guisasola, J. (1998) Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo eléctrico en estudiantes de Bachillerato y Universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 131-146.
- Rivero, A. y Porlán, R. (2017) La evaluación en la enseñanza universitaria. En R. Porlán (Coord.), *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla* (73-91). Madrid: Ediciones Morata.
- Temporini, F. y Pagani, D.E. (2018). Contribuição das imagens para o ensino de física numa perspectiva da Teoria da Dupla Codificação. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 200-222.
- Varela, M. y Martínez, M. (1997). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la Física: La resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 173-188.