



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2019/2020

Nº de proyecto 331

“Ver, tocar, hacer”: una propuesta para acercar la ciencia a la sociedad.

Patricia de la Presa Muñoz de Toro

Instituto de Magnetismo Aplicado

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto (Máximo 2 folios)

Los objetivos propuestos en este proyecto se basan en la experiencia previa de los investigadores en actividades de formación dirigidas a alumnos de la ESO y Bachillerato, que consisten en mini conferencias y actividades sobre conceptos físicos, sobre todo relacionados al magnetismo en la materia y al electromagnetismo, así como divulgación y orientación profesional para la realización de prácticas de empresa para alumnos del programa "4to ESO + EMPRESA", supervisión de trabajos de investigación para alumnos de 2do de Bachillerato del Programa de Bachillerato Internacional o Excelencia. Estas actividades se realizan anualmente entre septiembre y marzo. Además, durante el curso 2016-2017, los investigadores del Instituto de Magnetismo Aplicado (IMA) impartieron el curso "Magnetismo hoy en día" en el marco del programa "Actividades de Formación del Profesorado - CTIF Madrid-Oeste" - Curso 2016-17, de la Consejería de Educación, Juventud y Deporte de la Comunidad Autónoma de Madrid.

También cabe considerar el proyecto Innova Docencia 263 "Recursos didácticos de formación en el área de magnetismo y electromagnetismo para profesores y estudiantes de ESO y Bachillerato" del curso 2017/2018 donde se realizaron las primeras prácticas del tipo "ver, tocar, hacer" con estudiantes de ESO y Bachillerato. La experiencia ha sido muy motivadora, y los distintos colegios e instituto han solicitado repetir las prácticas en los cursos posteriores.

Este proyecto persigue un doble objetivo. Por un lado, por medio de acciones formativas específicas, facilitar al personal docente de institutos los medios para el montaje y realización de experimentos sencillos de bajo coste, que no requieran un equipamiento especial para su ejecución, y que sirvan como introducción a la explicación de conceptos científicos que suelen ser complejos, tales como campo magnético, inducción electromagnética, etc. Por otro, abrir el laboratorio a la comunidad educativa en las modalidades ya desarrolladas en el IMA, como charlas, prácticas experimentales, prácticas de empresa, etc. y ofrecer la posibilidad de realizar en un entorno controlado diversos tipos de ensayos, experimentos y prácticas de laboratorio.

Dado el carácter eminentemente práctico y experimental de los contenidos de las acciones formativas, nos centraremos en el diseño de experimentos bajo la consigna "Do it yourself", de modo que puedan ser fácilmente realizados por los estudiantes con un mínimo de requisitos técnicos. Este método de "ver, tocar, hacer" no sólo ayuda a internalizar conceptos teóricos, sino que sirve también como vehículo motivador de la práctica científica. Este tipo de actividad resulta más atractiva, cercana y eficaz a la hora de despertar vocaciones científicas desde edades tempranas.

La contribución de esta propuesta a los objetivos generales de la convocatoria se detalla a continuación:

a) Incrementar la cultura científica, tecnológica e innovadora de la sociedad española, fomentando el acercamiento de la ciencia, la tecnología y la innovación a los ciudadanos.

El importante que los estudiantes pre-universitarios tengan contacto directo con investigadores de un centro de investigación de prestigio internacional, acercando el conocimiento científico innovador a una parte de la sociedad con el objetivo de

concientizar la importancia de la ciencia en el desarrollo tecnológico y la mejora de las condiciones sociales y económicas. El proyecto, dirigido también a docentes, busca que éstos sean el puente entre las instituciones de educación pre-universitaria y los investigadores científicos.

b) Aumentar la difusión de los resultados de investigación científico-técnica y de la innovación financiados con fondos públicos.

Este acercamiento permite dar una dimensión real a los jóvenes de los logros obtenidos por investigadores científicos pertenecientes a instituciones financiadas con fondos públicos, transmitiendo esta experiencia al resto de su entorno, y de este modo consiguiendo difusión pública. El entusiasmo que despierte este proyecto en los jóvenes y docentes, asegurará en el futuro una continua presencia de estudiantes a lo largo del tiempo, como tenemos demostrado en los últimos 20 años en los que hemos desarrollado esta actividad.

c) Mejorar la educación científico-técnica de la sociedad en todos los niveles, apoyando en especial la enseñanza de las ciencias en las etapas pre-universitarias.

Entre los objetivos está facilitar la internalización de conceptos científicos involucrados en el desarrollo tecnológico actual, concepto que cuando se tergiversan llevan a una alarma social injustificada. La forma de desmitificar ciertas creencias es que el conocimiento científico llegue a la mayor parte de la población. Esto se alcanza a través de la educación, sobre todo pre-universitaria. Las actividades a desarrollar ilustrarán de forma sencilla conceptos teóricos complejos, que servirán además como herramienta activadora de la curiosidad científica. Por medio de la metodología del “ver, tocar, hacer” desarrollada por investigadores de la comunidad científica se busca despertar en los jóvenes la curiosidad y el interés por la actividad científica y tecnológica.

d) Impulsar la participación activa de la sociedad en actividades de divulgación científica y en las actividades de investigación científica y técnica.

En relación a los Bachilleratos de Excelencia e Internacional, los estudiantes, supervisados por los investigadores del grupo, serán partícipes del trabajo de investigación realizada por estos últimos, siempre dentro del marco de seguridad requerida para visitantes. Esta actividad científico-técnica promueve la divulgación del conocimiento científico y motiva a aquellos alumnos con interés por la ciencia.

Este proyecto busca promover las vocaciones científicas entre escolares y jóvenes pre-universitarios por medio de dos vías, una, a partir de diseño de experimentos y demostraciones que permitan a los jóvenes entender conceptos como el magnetismo y el electromagnetismo; otro, mediante la participación directa de los estudiantes en experimentos y medidas relacionados con trabajos de investigación actuales, siempre dentro del marco de seguridad exigido para visitantes.

Dada la localización del IMA en el municipio de Las Rozas, participamos en la “Ferias de la Ciencia de Las Rozas”, invitados por el Ayuntamiento de esta localidad, se organizan actividades dirigidas a jóvenes estudiantes pre-universitario universitarios y abierta al público, como visitas guiadas al IMA y una agenda con demostraciones y experimentos para el público en general.

2. Objetivos alcanzados (Máximo 2 folios)

Una de las mayores dificultades que nos encontramos a la hora de desarrollar nuestro proyecto ha sido el estado de alarma. Nuestros objetivos de innovación docentes estaban dirigidos al alumnado de ESO y Bachillerato, actividad que realizamos anualmente y a la que vamos perfeccionando y mejorando con la implementación de nuevos recursos. Pero también al Profesorado, con la idea de transmitir a estos profesores experimentos sencillos que lleven a visualizar conceptos científicos con alto grado de abstracción, y que luego puedan transmitir a su alumnado. Lamentablemente, debido al estado de alarma declarado el 14 de marzo de 2020, una parte del proyecto se ha visto seriamente afectada.

Desde octubre a diciembre de 2020 el Instituto de Magnetismo Aplicado ha recibido un total de cinco Colegios e Institutos y un Centro de Formación Profesional, un total de 131 alumnos de 4to de ESO y 1ro y 2do de Bachillerato, además de 25 estudiantes de FP grado medio; todos provenientes de Madrid y de Las Rozas.

Las actividades desarrolladas dirigidas a estudiantes se han visto reforzadas por nuevas actividades, por ejemplo, varios experimentos sencillos que pueden estar al alcance de cualquier estudiante y permiten visualizar conceptos teóricos complejos, como la ley de Lenz, el ordenamiento magnético, fuerzas magnéticas, entre otros. Además, y como es habitual, se han desarrollado prácticas de demostraciones con los estudiantes, visitas guiadas al IMA, entre otras. Estas actividades les han permitido tener una experiencia más ajustada de la actividad científica desarrollada en la Universidad. Todos los estudiantes han participado activamente en la experiencia innovadora, y han mostrado gran interés por la investigación científica desarrollada en el IMA, no sólo como investigación básica sino, y sobre todo, la relacionada a la transferencia tecnológica.

Con el trabajo realizado con estos estudiantes, se puede afirmar que se ha conseguido realizar los objetivos planteados por el proyecto, es decir, acercar la ciencia, la tecnología y la innovación a los ciudadanos, mejorar la difusión de los resultados de la investigación financiados con fondos públicos, reforzar la enseñanza de las ciencias en las etapas pre-universitarias e impulsar la participación de la sociedad en actividades de divulgación científica.

Por otro lado, el programa más afectado por la pandemia ha sido 4to ESO+EMPRESA, programa de la Comunidad de Madrid que tiene como objetivo acercar el sistema educativo y el mundo laboral, y que mediante estancias educativas en empresas e instituciones ayuda a los jóvenes a tomar decisiones sobre su futuro académico y profesional. Este programa permite que los estudiantes realicen una estancia de tres días en el Instituto y participen de forma activa de las actividades de los investigadores, sobre todo de los estudiantes de doctorado, permitiéndoles un primer contacto con el trabajo de investigación. El programa debía desarrollarse en la semana del 30 de marzo al 2 de abril de 2020, en esa semana el Instituto tenía programada la visita de tres institutos públicos y un colegio privado provenientes de Boadilla, Majadahonda, Villalba y Las Rozas, con un total de 7 estudiantes que durante tres días iban a participar de las actividades del Instituto, compartiendo con jóvenes investigadores el día a día del trabajo científico. Lamentablemente, debido al estado de alarma, se suspendieron todas las actividades y desde entonces no se han podido recuperar las visitas de estudiantes, ya que la situación sanitaria actual no lo permite.

3. Metodología empleada en el proyecto (Máximo 1 folio)

Como se ha dicho en la memoria, el método de “ver, tocar, hacer” es una gran herramienta para internalizar conceptos teóricos ya que sirve como vehículo motivador de la práctica científica y pueden ser fácilmente realizados por los estudiantes con un mínimo de requisitos técnicos.

Al trabajar con estudiantes de instituto, se presuponen que tienen ciertos conocimientos previos de su experiencia de la vida cotidiana, como corriente eléctrica, imanes, etc, a partir de los cuales se intenta construir una base elemental para introducir los conceptos físicos implicados que suelen ser complejos.

En la metodología de “ver” el objetivo es presentar un fenómeno a partir de objetos de la vida cotidiana, realizar observaciones y análisis de ese fenómeno y luego discutir los conceptos físicos implicado bajo la orientación de un investigador.

En la actividad “tocar” se intenta que los estudiantes realicen variaciones del experimento mostrado previamente para para ver las diferentes consecuencias que tienen estas variaciones en la respuesta física del experimento.

Y finalmente en “hacer” se trata de montar una experiencia con materiales comunes, de la vida ordinaria, que los estudiantes mismos puedan diseñar y mostrar a sus otros compañeros.

Al final de cada experimento se introduce una actividad de refuerzo con el objetivos de internalizar los conceptos desarrollados.

4. Recursos humanos (Máximo 1 folio)

Las personas participantes en este proyecto han sido:

Patricia de la Presa, Catedrática de la UCM y miembro permanente del IMA. El IP tiene una reconocida trayectoria docente y de investigación. Ha sido la responsable de la viabilidad del proyecto, gestionando el grupo de trabajo y proponer nuevos experimentos.

Pilar Marín Palacios, Catedrática de la UCM y directora del IMA, con una reconocida trayectoria docente y de investigación ha colaborado en la divulgación de las actividades de formación en el IMA, sobre todo con contactos con la Secretaría de Educación del Ayuntamiento de Las Rozas, donde se ubica el IMA.

Elena Navarro es Profesora Titular de la UCM, con una amplia trayectoria docente-investigadora y Coordinadora del Máster de Nanofísica y Materiales Avanzados del Dpto Física de Materiales.

Jesús López Sánchez, Dr en Física por la UCM. Joven investigador involucrado en las tareas de investigación y supervisión de trabajos Fin de Máster.

Fernando Gálvez Alonso, Dr en Física por la UCM. Joven investigador involucrado en tareas de transferencia tecnológica en empresas ferroviarias como ADIF y DIMETRONIC.

Fernando Giacomone, Técnico UCM. Responsable de dar soporte técnico en el diseño de las experiencias propuestas en el proyecto, y del diseño de los mini-videos.

Irene Morales Casero, Miguel Angel Cobos Fernández, Diego Archilla Sanz, Papa Gorgui Birame, Dhoha Alsarhawi, Omar Díez, estudiantes del Programa de Doctorado en Física que participan en las distintas actividades durante las visitas de los estudiantes.

5. Desarrollo de las actividades (Máximo 3 folios)

Previamente a las actividades y a la visita del Instituto, se realiza una charla para sentar las bases físicas de lo que después se va a mostrar y experimentar. La charla consiste en una primera parte en la que se explica el magnetismo y distintos experimentos clásicos del electromagnetismo, algunos de los cuales se realizan en directo con la participación de los estudiantes. Durante la charla se plantea debate con los estudiantes, haciéndolos participar y contestar preguntas. También se habla de algunos proyectos desarrollados en el Instituto de Magnetismo Aplicado, como son el esfínter magnético o el sistema detector de proximidad, y por último se introduce a los estudiantes en el nanomundo, explicándoles qué es un nanomaterial y algunas de sus aplicaciones. Además, se plantean temas de debate entre los estudiantes: los campos electromagnéticos y comunicaciones inalámbricas; campos electromagnéticos y salud y los retos de futuro del magnetismo.

Las actividades a realizar se dividen en dos bloques fundamentales: magnetismo y electromagnetismo. En el primero, se usan únicamente imanes para las actividades partiendo de la base que son objetos conocidos de la vida cotidiana. En el segundo, se introducen corrientes eléctricas y componentes simples como resistencias y bobinas montados en circuitos simples. Finalmente se presenta una actividad que relaciona el magnetismo con el electromagnetismo.

A continuación, se describen algunos de los experimentos y demostraciones desarrollados durante este proyecto:

Área 1: magnetismo en la materia

1) Concepto: fuerza y campo magnético. Brújula de agua. Por medio de esta sencilla actividad, se realiza una introducción a las nociones de fuerza y campo magnéticos. Consiste en colocar un pequeño imán sobre un flotador (por ej., una plancha de corcho o plástico) en un cuenco con agua, de modo que flote y se mueva libremente. El imán gira y queda fijo en una dirección. Se realizan variaciones usando distintos imanes, con igual resultado. Luego se remarcan expresamente dos aspectos esenciales uno, la presencia o acción de una fuerza “a distancia”; el otro, la misma posición final en que queda orientado el imán. Se plantea a modo de hipótesis, que el par motor se produce por la fuerza resultante de la interacción de dos campos magnéticos, el del propio imán flotador y el de la Tierra, y que, como resultado de esa fuerza, el imán queda orientado en la dirección del eje magnético terrestre, siendo éste el principio de funcionamiento de la brújula. A modo de refuerzo, se cierra la actividad utilizando un imán del mismo aspecto que el primero, pero con alineación magnética lateral en vez de longitudinal. A primera vista, esto falsaría la ley de la alineación de los campos, pero luego de mostrar el eje del segundo imán, queda corroborada.

2) Concepto: líneas de campo magnético. Para esta experiencia se utiliza un ferrofluido y un imán de neodimio. El ferrofluido es un líquido magnético formado por pequeñas partículas de magnetita en suspensión en agua. Este coloide, normalmente de color negro, tiene las propiedades de un líquido. Sin embargo, al acercar un imán, se observa como este líquido comienza a moverse formando figuras regulares. En particular, se mueven según las líneas de campo magnético y permite visualizarlas. En esta actividad se definen también conceptos como ferromagnetismo, paramagnetismo y superparamagnetismo.

3) Concepto: susceptibilidad magnética. Para entender el concepto de susceptibilidad magnética en un material se utilizan dos imanes, uno de $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, de alta imanación, y otro de un material llamado mu-metal y que tiene una alta susceptibilidad magnética, es decir, una se imana rápidamente a medida que aumenta el campo. Se intenta levantar un material magnético utilizando sólo el imán de $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ y se observa que no es posible. Si a este imán se le acopla un material de mu-metal, las líneas de campo magnético producidas por el imán de $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ se concentran y se consigue levantar la pieza de Fe. Se discuten conceptos como concentración de líneas de campo magnético y susceptibilidad magnética de los materiales.

Área 2: electromagnetismo

1) Concepto: Ley de Lenz. Se utiliza un tubo de cobre y otro de plástico o vidrio y se deja caer un objeto material no magnético y otro, de tamaño y forma similar, de un imán de neodimio. Se discute como afectan los tipos de materiales de los tubos y los objetos al tiempo de caída, y se explica la ley de Lenz. Es interesante las reacciones de los estudiantes cuando dejan caer el imán por el tubo de cobre por primera vez: la primera reacción es sacudir o golpear el tubo porque piensan que el imán se ha quedado atascado. Además, en el experimento actual se ha enrollado un hilo de cobre alrededor del tubo de plástico y en el de cobre para motivar a los estudiantes a pensar cuál es el efecto que el campo generado por el imán que descende del tubo produce sobre el hilo de cobre. Se discute el concepto de corrientes inducidas.

2) Concepto: Corrientes inducidas. A este experimento se le denomina Carrera de Imanes. Sobre dos superficies inclinadas, una de Cu y otra superficie lisa no metálica, se colocan un imán en cada una y se cronometra el tiempo que tardan en llegar al final del plano. Se cambian los espesores de ambas placas, y se mide otra vez los tiempos que tardan en llegar al final. En este experimento se discuten las corrientes inducidas por campos variables y cómo el espesor de los metales afecta a dichas corrientes.

3) Concepto: Fuerzas magnéticas como vectores. En este experimento se combina la acción del campo electromagnético sobre un imán. Se bobinan dos brújulas con distinta configuración: en una de ellas, el bobinado es paralelo al plano de la brújula, y en el otro es perpendicular. Utilizando una batería de 12 V se hace circular corriente cuando las brújulas están orientadas al norte. El objetivo es observar la naturaleza vectorial de la fuerza magnética. En el primer caso, la fuerza es perpendicular al plano de la brújula, por lo que ésta siempre apuntará al norte, independientemente de cómo giremos la brújula. En el segundo caso, la fuerza aplicada está en el plano de la brújula, y la aguja se desviará siempre salvo en el caso que el plano de la espira apunte hacia el norte magnético.

Una vez finalizadas las actividades, se realiza una visita por el Instituto que consiste en una breve exposición teórica y manipulación de equipos de medida. Durante la visita a las instalaciones los estudiantes ven distintos laboratorios y equipos de medida. Por ejemplo, en el laboratorio de síntesis, se acerca de manera sencilla y didáctica el proceso de obtención de nanomateriales a partir de productos químicos, mediante su combinación y proceso seguido para ver cuál será su aspecto final. Se hacen prácticas, con participación de cada uno de los estudiantes, con micro pipetas con agua con el fin de internalizar conceptos de unidades muy pequeñas de volumen, de micro a mililitros. Igualmente se realizan prácticas en la báscula de precisión de pesos para ver que significan unos pocos miligramos.

En el laboratorio de antenas y radiofrecuencia, se hace reflexionar a los estudiantes sobre qué ocurre cuando las ondas electromagnéticas interactúan con materiales metálicos magnéticos. Para que visualicen y entiendan mejor la interacción radiación-materia se les muestra un sistema experimental que consiste en dos antenas de bocina (con frecuencia de trabajo en los GHz) conectadas a un analizador vectorial, que permite observar y cuantificar lo que sucede con la onda emitida por una de las antenas al atravesar un material, a partir de la relación entre la potencia de la onda emitida y la recibida por la otra antena.

Durante la visita al laboratorio de hipertermia se muestra cómo un pequeño volumen de coloide magnético puede incrementar su temperatura varias decenas de grados por acción de un campo de radiofrecuencia, se explica el concepto físico de forma sencilla. Además, se explica la importancia de esta técnica para el tratamiento de tumores por calor.

Además, se muestran algunos equipos singulares con los que cuenta el Instituto y se da una explicación sencilla sobre su funcionamiento y relevancia en la investigación.

Al finalizar la visita se realiza un cuestionario con preguntas relacionadas a los temas desarrollados.

Además, durante este proyecto, se han realizado mini-vídeos docentes modulares complementarios, de una duración aproximada de 2 a 5 minutos, donde se da el marco teórico, los conceptos y las propiedades y magnitudes físicas implicadas. Estos mini-vídeos se ponen a disposición de los participantes en la plataforma Web bajo licencia Creative Commons. Los vídeos desarrolladas hasta ahora son parte de las experiencias mostradas previamente, y esperamos sean una herramienta para estudiantes y docentes de Instituto que ahora mismo no pueden acercarse a nuestro Instituto.

Como se mencionó en el apartado 2, las actividades para 4to ESO+EMPRESA se vieron seriamente afectadas por el estado de alarma, y no se pudo recibir a ningún estudiantes para esta actividad. Así mismo, todas las actividades posteriores quedaron suspendidas debido a la situación sanitaria actual.

Una de las actividades se mantuvieron después del estado de alarma han sido las reuniones periódicas con el grupo con el fin de evaluar las actividades desarrolladas. Cada uno de los integrantes del grupo hizo un análisis de los valores y carencias de las actividades. Se revisaron y mejoraron las actividades que pudieran ser poco claras, o que los alumnos mostraran poco interés, o que fueran demasiado complejas para el nivel de conocimiento de los estudiantes.

Se propusieron nuevos experimentos y mejora de los experimentos actuales, y principalmente se discutió hacer disponibles estas experiencias de forma telemática para todos aquellas personas interesadas. De esta forma, los mini vídeos con las actividades realizadas así como las charlas introductorias están disponibles en la página web del Instituto de Magnetismo Aplicado en el siguiente link: [Proyecto Innova Docencia](#).

Patricia de la Presa Muñoz de Toro