



MEMORIA DE LAS ACCIONES DESARROLLADAS.
PROYECTOS DE MEJORA DE LA CALIDAD DOCENTE.
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y CALIDAD.
XII CONVOCATORIA (2010-2011)



DATOS IDENTIFICATIVOS:

1. Título del Proyecto

Experimentación numérica en la asignatura Electromagnetismo

2. Código del Proyecto

102021

3. Resumen del Proyecto

En el presente proyecto de mejora de la calidad docente se busca que el estudiante profundice y amplíe su comprensión del electromagnetismo mediante la presencia sistemática en el curso de problemas de aplicación cuyas soluciones exijan al alumno la utilización de modelaciones, simulaciones y métodos numéricos. Se busca así desarrollar en el estudiante las habilidades necesarias para aplicar los conocimientos adquiridos de electromagnetismo en la solución de problemas de interés práctico real. El planteamiento, solución y discusión de estos problemas permite al estudiante afianzar sus conocimientos, y desarrollar su capacidad de innovación y creatividad.

El proyecto continúa, generaliza y amplía los resultados de un proyecto docente desarrollado en el curso 2009-2010.

4. Coordinador del Proyecto

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Categoría Profesional
Encarnación Muñoz Serrano	Física	082	PDI
Eduardo Casado Revuelta	Física	082	PDI

5. Otros Participantes

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Categoría Profesional
Diego M. Ortega Hernández			Externo a la UCO
Antonio Jesús Leal Martín	Física		Becario

6. Asignaturas afectadas

Nombre de la asignatura	Área de conocimiento	Titulación/es
Electromagnetismo	Electromagnetismo, Física Aplicada	Licenciatura de Física

MEMORIA DE LA ACCIÓN

1. Introducción

La asignatura Electromagnetismo de Tercer Curso de la Licenciatura en Física es una asignatura troncal anual que consta de 10.2 créditos ECTS. En ella el alumno estudia en profundidad los fenómenos electromagnéticos, que son imprescindibles para la comprensión del mundo físico y están en la base de gran parte de las aplicaciones tecnológicas de la Física. Estas aplicaciones se realizan en campos que incluyen áreas tecnológicas esenciales, como la electrónica, las telecomunicaciones, la energía solar, la nanotecnología, los nuevos materiales y la bioingeniería, por citar unos pocos.

Las aplicaciones del electromagnetismo a problemas reales de interés práctico requieren en muchos casos la aplicación de métodos numéricos, la modelación numérica de la situación física estudiada y la representación gráfica de grandes cantidades de datos que conforman las soluciones obtenidas. Es decir, requieren de la experimentación numérica. El alumno matriculado en Electromagnetismo conoce las herramientas matemáticas y los software necesarios para realizar todo lo anteriormente indicado, y sin embargo, los cursos convencionales de Electromagnetismo se limitan al estudio de problemas idealizados con soluciones analíticas, e incluso estas soluciones no son analizadas con las poderosas herramientas de representación gráfica que el alumno conoce. Esta situación no se justifica en la actualidad, dada la potencia de cálculo y de representación gráfica de que dispone el alumno, incluso si nos limitamos a considerar únicamente su ordenador portátil.

Con el presente proyecto docente se ha buscado que el alumno amplíe y profundice su comprensión de los fenómenos electromagnéticos y se acerque a sus aplicaciones prácticas reales, mediante la solución y discusión por parte del alumno de problemas complejos cuya solución les exija utilizar y ampliar los conocimientos y habilidades que posee de métodos numéricos, programación y procesamiento de datos. El proyecto es de carácter integrador y desarrolla competencias transversales. En él, el alumno aprende haciendo. Dado que el electromagnetismo está presente en los estudios de otras titulaciones de ciencias e ingeniería, los resultados del proyecto pueden ser de interés para otros docentes.

El presente proyecto es continuación del proyecto docente “Simulación y modelación numérica en aplicaciones del electromagnetismo” realizado en el curso 2009-2010. En este último se planteó a los alumnos, agrupados en equipos, un problema de aplicación cuya solución requirió la utilización de los conocimientos y habilidades anteriormente indicados. El presente proyecto generaliza esta experiencia, con la proposición a los alumnos de varios problemas a lo largo del curso de Electromagnetismo. Con ello nos acercamos a que forme parte integrante y habitual del curso lo que en el proyecto pasado fue una experiencia relativamente aislada.

2. Objetivos

Los objetivos del proyecto son:

- Que el estudiante profundice y amplíe su comprensión del electromagnetismo, mediante la presencia sistemática en el curso de problemas de aplicación cuyas soluciones exijan al alumno la utilización de modelaciones, simulaciones y métodos numéricos.
- Desarrollar la habilidad del estudiante para aplicar los conocimientos adquiridos a situaciones de interés práctico.
- Desarrollar en el estudiante la capacidad de plantear y resolver problemas complejos y analizar la solución obtenida, utilizando software y herramientas informáticas a su alcance, así como consolidar en el alumno los conocimientos y habilidades que posee en cómputo numérico, manejo de software y procesamiento de datos.
- Fomento del trabajo en grupo de los estudiantes y la comunicación oral de éstos.
- Fomento de la creatividad.

3. Descripción de la experiencia

La experiencia fue llevada a cabo a lo largo del curso académico, ya que la asignatura de Electromagnetismo es una asignatura anual. El primer paso para llevar a la práctica este proyecto fue organizar a los alumnos en grupos de trabajo de tres componentes como máximo. El número de grupos resultante fue de cuatro.

Hacia la mitad del primer cuatrimestre, se planteó una primera actividad a cada grupo, de manera que los alumnos disponían del resto del cuatrimestre para su realización. Se entregó a cada grupo el enunciado de un problema práctico y diversa documentación de ayuda para su resolución. El profesor discutió junto a los alumnos la forma de abordar el problema. Cada problema práctico era diferente, aunque todos estaban basados en el mismo fundamento teórico. En Enero se planificó la presentación de los resultados y discusión de los mismos por parte de cada grupo ante los profesores de la asignatura.

La actividad propuesta consistía en la resolución de un problema correspondiente al primer bloque temático de la asignatura, “Electrostática”, de manera que los alumnos tenían los conocimientos teóricos necesarios para la resolución del problema cuando éste fue planteado. Además, en esta temática, existen multitud de problemas de gran interés que no poseen solución analítica, y por tanto no pueden ser resueltos directamente “en pizarra” por el profesor. La representación gráfica de magnitudes físicas tales como curvas equipotenciales o líneas de fuerza del campo, entre otras, hace que la discusión y comprensión de la solución del problema se realice con mayor profundidad.

En particular, el problema consistía en la resolución de la ecuación de Laplace en un dominio bidimensional, conocidas las condiciones de contorno en la frontera de dicho dominio de cálculo. Las componentes del campo eléctrico eran calculadas posteriormente a partir de la solución obtenida para el potencial. Cada grupo debía resolver este problema en un dominio diferente con condiciones de contorno distintas, indicadas por el profesor.

Esta primera actividad era análoga a la propuesta el curso anterior 2009-10 en el proyecto docente mencionado anteriormente, e iba a servir como primera puesta en contacto con los diversos problemas prácticos de la asignatura que podían ser planteados.

A continuación, se planteó una segunda actividad, al comienzo del segundo cuatrimestre, relacionada con el tercer bloque temático de la asignatura “Magnetostática”, que los alumnos habían cursado en la última parte del primer cuatrimestre. De nuevo el fundamento teórico ya había sido estudiado previamente a la realización de la actividad. La metodología seguida fue la misma: entrega de enunciados de problemas prácticos distintos a cada grupo, material de apoyo y bibliografía de utilidad, y presentación oral de los resultados.

En particular, el problema consistía en la resolución de la ecuación del potencial vector magnético en la calibración de Coulomb en problemas con simetría axial. De esta manera la ecuación quedaba reducida a una ecuación de tipo Poisson, que debía ser resuelta en un dominio bidimensional junto a las condiciones de contorno Dirichlet en la frontera de dicho dominio. Como novedad respecto a la primera actividad se introducía un término fuente en la ecuación que representaba la densidad de corriente que daba lugar al potencial en los distintos puntos del dominio, que complicaba la implementación y resolución del problema.

Además, se insistió en la representación gráfica de los resultados, punto crucial para comprender en profundidad el fenómeno físico que tenía lugar en cada caso e interpretar correctamente los resultados. Para ello se abordaron diferentes tipos de representaciones gráficas bidimensionales y vectoriales, y los alumnos fueron iniciados en el manejo de nuevos software como es el caso de Microcal Origin, que fue presentado por el profesor proporcionando tutoriales y ejercicios de ejemplo.

En esta ocasión se trataba de problemas prácticos de mayor dificultad, ya que la materia teórica en que se basaban era más compleja conceptualmente. Es por ello que fueron necesarias varias sesiones de puesta en común de las dificultades que los alumnos habían encontrado en la resolución de sus respectivos problemas, que fueron resueltas con ayuda del profesor. Además fueron de gran importancia las tutorías de apoyo.

Por todo esto, se decidió realizar algunas sesiones en un aula de informática donde los alumnos trabajaran en la actividad, de manera que el profesor podía ir solventando las dudas y dificultades que surgieran. Todo ello obligó a retrasar la fecha de entrega de los trabajos y de las presentaciones orales, que llevó a que nos encontráramos en la segunda parte del cuatrimestre, con lo cual los profesores decidieron no realizar ninguna actividad más.

4. Materiales y métodos

Los materiales de que dispusieron los alumnos para el desarrollo de las actividades fueron:

- El fundamento teórico de cada problema, explicado en clases teóricas por el profesor. Estos conocimientos teóricos, una vez asimilados, son los que cada grupo debe aplicar en cada actividad para la resolución de los problemas planteados;
- Material proveniente de la bibliografía, que el profesor entregó en clase a cada alumno, en el que se explicaban a modo de ejemplo las pautas a seguir ante un problema de similares características al planteado;
- Bibliografía específica disponible en la Biblioteca Universitaria de Rabanales, sugerida por el profesor;
- Toda la información disponible en Internet, junto a algunas web de interés proporcionadas también por el profesor;
- Software disponible en los servidores de la UCO, como es el caso de Microcal Origin;
- Aula de ordenadores, en particular se empleó el Aula Interactiva II de la Facultad de Ciencias, ubicada en el Aulario Averroes, donde cada alumno dispone de un ordenador portátil y mesas dispuestas en círculos que facilita el trabajo en grupos.

Puesto que en las actividades se pretende desarrollar en los estudiantes la capacidad de resolver problemas complejos, aplicando los conocimientos teóricos adquiridos en la asignatura a problemas prácticos, la metodología seguida ha sido fomentar el trabajo autónomo de los grupos.

Además, otro de los objetivos establecidos en la actividad es el análisis y la discusión tanto del problema planteado como de los resultados obtenidos. La forma más idónea de fomentar estos aspectos es llevar a cabo la actividad en grupos, aunque no demasiado numerosos para evitar una mala repartición del trabajo.

Por tanto, la metodología seguida consistió en lo siguiente; en primer lugar, el profesor realizó el planteamiento global del problema a toda la clase. A continuación, los grupos de trabajo abordaron la resolución del problema de forma independiente tanto fuera como dentro del aula, dejando a su elección los planteamientos y herramientas a utilizar. Durante el tiempo disponible para la realización de la actividad, los profesores brindaron apoyo tutorizado a los alumnos en las dificultades surgidas. Finalmente, se realizó una sesión de puesta en común en la que cada grupo preparó una presentación oral. En ella, se describían y discutían los principales resultados, con ayuda del soporte gráfico necesario para visualizar las soluciones de manera adecuada. Al término de cada presentación, los profesores procedieron a debatir con el grupo aquellos aspectos que no hubieran sido analizados por los alumnos durante la exposición o que los profesores percibieran que no estaban totalmente y bien asimilados por los alumnos.

5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso

En este proyecto uno de los principales objetivos es fomentar la habilidad de interpretación y discusión de los resultados así como la correcta representación de los mismos en un interfaz gráfico adecuado. Es por ello que la tarea encomendada para ser evaluada fue la preparación de la presentación oral y la representación gráfica de los resultados. Dichos resultados, junto con el software elaborado para el cálculo numérico, fue el material entregado por el alumno.

En base a esto, la evaluación de las dos actividades realizadas supuso un 20% de la calificación final de la asignatura. Puesto que cada actividad fue realizada en un cuatrimestre, la calificación fue tomada en cuenta por separado en la nota de cada cuatrimestre, junto al resto de instrumentos de evaluación continua. En la evaluación de la actividad se tuvo en cuenta la calidad y claridad de la presentación oral realizada por el grupo así como la posterior discusión, y el material entregado.

El 70% de los alumnos obtuvieron una nota igual o superior a 8.0 en la primera actividad, y el 100% en la segunda actividad, observándose una notable mejora de las calificaciones en el segundo caso, dada la experiencia acumulada en la primera actividad. Cabe destacar que en ocasiones miembros de un mismo grupo obtuvieron notas diferentes como consecuencia de la discusión mantenida por el profesor y los alumnos individualmente tras la presentación oral y el seguimiento realizado por el profesor en las tutorías individualizadas y de grupo. El hecho de que el grupo de alumnos no es muy numeroso permite efectuar un análisis del trabajo realizado por cada uno.

Se puede por tanto concluir que los resultados obtenidos han sido muy buenos desde el punto de vista de la calificación final. Este hecho demuestra la seriedad y el interés demostrado por los alumnos en la realización de las actividades. Además, tanto en el material entregado como en las consultas en tutorías, se ha podido constatar el gran esfuerzo y dedicación de todos los alumnos y el elevado grado de reflexión y discusión de los resultados obtenidos.

6. Utilidad

La actividad desarrollada en este proyecto, donde los conocimientos teóricos impartidos en la asignatura son aplicados a situaciones prácticas de interés, es de gran utilidad en titulaciones de Ciencias Experimentales, como es el caso de Física o Química. De esta manera, el alumno se habitúa a enfrentar la resolución de problemas prácticos y puede servir de entrenamiento para lo que pueden ser sus tareas cotidianas en un futuro profesional.

Dada la satisfactoria opinión transmitida por los alumnos de esta experiencia se concluye que esta metodología puede ser implementada en todas aquellas asignaturas en que los conocimientos teóricos que están siendo impartidos en clases magistrales requieran para su aplicación a problemas prácticos del uso de métodos numéricos y representación gráfica de gran cantidad de datos. Este tipo de actividades sería idóneo en los últimos cursos de la titulación donde el alumno posee una mayor formación y requiere de menos esfuerzo para abordar problemas más complejos.

7. Observaciones y comentarios

Con vistas a la modernización y mejora de la asignatura de Electromagnetismo, los trabajos entregados por los alumnos, dada su excelente calidad, han sido guardados en formato digital e irán conformando una base de problemas resueltos y ejemplos de aplicación para los futuros cursos de la asignatura.

8. Autoevaluación de la experiencia

La experiencia ha sido evaluada, igual que en ocasiones anteriores, a través de encuestas de opinión que han sido entregadas a los alumnos al término de cada una de las actividades realizadas. De esta forma, se pudo contrastar la opinión del alumnado después de cada actividad, viendo la evolución de sus opiniones.

Estas encuestas fueron diseñadas por el profesorado de la asignatura, de manera que las diferentes preguntas hicieran referencia a los principales aspectos relacionados con el desarrollo de la actividad. Al final de cada encuesta aparece un espacio libre destinado a las sugerencias de los alumnos (los modelos de encuestas diseñados aparecen al final de este documento en el ANEXO I).

Las principales conclusiones del alumnado fueron:

- La realización de actividades con una aplicación práctica es de gran interés y con ella se consigue afianzar mejor los conocimientos teóricos estudiados. Este hecho se ha apreciado especialmente al término de la 2ª actividad, al ser más compleja conceptualmente.
- El manejo de nuevo software se ha valorado muy positivamente, así como una mejora de la capacidad de expresión oral y discusión de resultados. En estos aspectos el profesorado de la asignatura ha percibido una notable mejora en la 2ª actividad.
- Sin embargo, el alumnado no ha percibido que estas actividades hayan servido demasiado en la mejora de la representación gráfica de resultados y magnitudes físicas, con una valoración media de 3.13 (sobre 5.0). El profesorado sí que ha percibido dicha mejora, que ha sido reflejada en la mejora de las calificaciones de la 2ª actividad.
- En la 1ª actividad, el grado de satisfacción en cuanto a la nota obtenida fue muy alto. Sin embargo, en la 2ª actividad desciende ligeramente, algo aparentemente contradictorio con la mejora de calificaciones en esta 2ª actividad. Este efecto se debe a que la 2ª actividad resultó de mayor complejidad y extensión (se refleja en una media de 24 horas necesarias para la realización de la 2ª actividad frente a las 10 necesarias para la 1ª actividad, según las apreciaciones del alumnado), lo que en opinión del alumnado fue difícil de compaginar con la rutina de estudio diaria. Por tanto, a su modo de ver la relación esfuerzo/nota fue mayor para la 2ª actividad.

- Finalmente, el alumnado manifiesta que se ha realizado una correcta distribución del trabajo en el equipo y una equitativa participación de todos.

Mientras que al término de la 1ª actividad, el alumnado manifestó su interés por la realización de más actividades de este tipo a lo largo del curso, sin embargo, después de la 2ª actividad, su opinión cambió y manifestaron el hecho de que este tipo de actividades ocupa una gran parte del tiempo dedicado al estudio de otras asignaturas, motivado por las dificultades en la obtención de soluciones de la 2ª actividad y en el manejo de una gran cantidad de datos.

Por tanto, pese a que el objetivo inicial de este proyecto fue el de generalizar el proyecto del curso anterior 2009-10, ampliando el número de actividades a lo largo del curso referentes a los diferentes bloques temáticos de la asignatura, la principal conclusión es que dado el aumento del grado de complejidad de la asignatura conforme se avanza en su impartición no es conveniente la realización de más de 2 actividades en el curso académico, cada una asignada a cada cuatrimestre.

No hay que olvidar que pese a la carga de trabajo generada en el alumnado, en la evaluación global de la actividad realizada por los alumnos se valora muy positivamente este método de aprendizaje, por lo que debe mantenerse estudiando detenidamente su correcta planificación.

9. Bibliografía

- Reitz J.R., Milford F.J. and Christy R.W : “*Fundamentos de la Teoría Electromagnética*”. Addison-Wesley 1996.
- Cheng, D.K.: “*Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería*”. Addison-Wesley Longman, 1998.
- Francisco García Ochoa: “*Problemas de campos electromagnéticos. Resueltos con ordenador*”. Universidad Pontificia Comillas. Madrid, 2002.
- Purcell, E.M.: “*Electricidad y Magnetismo*”. Berkeley Physics Course-Vol.2. Editorial Reverté, S.A. 1992.
- González Fernández, A.: “*Problemas de campos electromagnéticos* “. Mc Graw-Hill, 2005.

Lugar y fecha de la redacción de esta memoria

Córdoba, 7 de Septiembre de 2011

ANEXO I



Encuesta de opinión
Proyecto Docente: “Experimentación numérica en la asignatura Electromagnetismo”
Asignatura: Electromagnetismo, 3^{er} curso de la Licenciatura de Física (UCO)



Cálculo de una distribución de potencial y campo eléctrico

Curso Académico: 2010/2011 ; Profesores: Encarnación Muñoz Serrano, Eduardo Casado Revuelta ; Fecha:

	(nada) (en desacuerdo)				(mucho) (de acuerdo)
	1	2	3	4	5
¿Qué grado de comprensión acerca de curvas de potencial y líneas de fuerza poseía antes de la realización de la actividad?					
¿Qué grado de comprensión ha alcanzado al término de la actividad?					
¿Cree que con esta actividad se consigue afianzar mejor los conocimientos del tema?					
¿Está de acuerdo con el peso que posee la actividad en la nota final de la asignatura? Si no es así, indique el porcentaje que aplicaría a la nota final, teniendo en cuenta la extensión de los contenidos que comprenden esta actividad respecto al programa completo de la asignatura					
¿Cuál ha sido su grado de satisfacción respecto a la nota conseguida con la actividad?					
¿Cree que merece la pena realizar este tipo de actividades?					
¿Cuál ha sido su contribución al trabajo del grupo?					
¿Cree que todos los miembros del grupo han participado en la misma medida para la realización de la actividad?					
¿Qué número de horas ha dedicado a la realización de la actividad?					

Sugerencias:

.....

.....

.....



Encuesta de opinión
Proyecto Docente: “Experimentación numérica en la asignatura Electromagnetismo”
Asignatura: Electromagnetismo, 3^{er} curso de la Licenciatura de Física (UCO)



Actividad: Simulación Numérica en Magnetostática

Curso Académico: 2010/2011 ; Profesores: Encarnación Muñoz Serrano, Eduardo Casado Revuelta ; Fecha:

	(nada) (en desacuerdo)				(mucho) (de acuerdo)
	1	2	3	4	5
¿Qué grado de comprensión acerca de curvas equipotenciales y líneas de fuerza en magnetostática poseía antes de la realización de la actividad?					
¿Qué grado de comprensión ha alcanzado al término de la actividad?					
¿Cree que con esta actividad se consigue afianzar mejor los conocimientos del tema?					
¿Valora positivamente el aprendizaje del manejo de nuevo software empleado en esta actividad como Microcal Origin, Microsoft Excell, ...?					
¿Cree que esta actividad le ha servido para mejorar la presentación escrita de resultados y cálculos de magnitudes físicas?					
¿Cree que esta actividad le ha servido para mejorar su capacidad de exposición oral y discusión de resultados?					
¿Está de acuerdo con el peso que posee la actividad en la nota final de la asignatura? Si no es así, indique el porcentaje que aplicaría a la nota final, teniendo en cuenta la extensión de los contenidos que comprenden esta actividad respecto al programa completo de la asignatura					
¿Cuál ha sido su grado de satisfacción respecto a la nota conseguida con la actividad?					
¿Cree que merece la pena realizar este tipo de actividades?					
¿Cuál ha sido su contribución al trabajo del grupo?					
¿Cree que todos los miembros del grupo han participado en la misma medida para la realización de la actividad?					
¿Qué número de horas ha dedicado a la realización de la actividad?					

Sugerencias:

.....