



Informe sobre el proyecto de innovación docente titulado:

Evaluación externa del grado de cumplimiento, por parte de los estudiantes, de los objetivos planteados en una materia

aprobado en la convocatoria 2009 de Innovación docente de la Universidad de Zaragoza en la línea 4: "Proyectos de estudios e investigaciones relacionadas con la evaluación de la calidad de la actividad docente y los procesos de aprendizaje de los estudiantes" incluida en el Programa de Incentivación de la Innovación Docente en la Universidad de Zaragoza, PIIDUZ 2009, con referencia PIIDUZ_09_4_278.

Autor del informe: Jesús Letosa Fleta

Revisado por: Jesús Sergio Artal Sevil

Inscritos en el Proyecto de Innovación Docente:

Miguel Samplón Chalmeta (msamplon@unizar.es)

Antonio Usón Sardaña (auson@unizar.es).

Jesús Letosa Fleta (jletosa@unizar.es)

Jesús Sergio Artal Sevil (jsartal@unizar.es).

Joaquín Mur Amada (joako@unizar.es).

Departamento de Ingeniería Eléctrica

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial

María de Luna 3. Ed. Torres Quevedo

Colaboran:

Concepción Bueno García, como asesora del Instituto de ciencias de la educación de la UZ, y

Jordi Hernández Marco, como evaluador externo del la Universidad Politécnica de Cataluña, Campus Casteldefels.

Evaluación externa del grado de cumplimiento, por parte de los estudiantes, de los objetivos planteados en una materia

Resumen:

El ensayo presentado en este proyecto consiste en analizar los resultados de una prueba externa (elaborada por un profesor de otra universidad) para evaluar el grado de adquisición de los resultados de aprendizaje por parte los estudiantes de una asignatura de primer curso de la titulación de Ingeniería técnica industrial rama electrónica con tres grupos de docencia.

La prueba se confeccionó únicamente a partir del programa de la asignatura y sus resultados de aprendizaje. Los estudiantes involucrados utilizaron distintos procedimientos de enseñanza-aprendizaje para prepararse para la prueba. Un grupo siguió un procedimiento de enseñanza basado fundamentalmente en clases magistrales, mientras que en los otros dos grupos utilizaron un procedimiento de enseñanza/aprendizaje activo y cooperativo.

Del análisis de los datos se deduce una diferencia significativa entre los resultados obtenidos en las preguntas de la prueba elaborada por el evaluador externo y los obtenidos en las realizadas por los profesores de la UZ, en cuanto a la dificultad que encuentran los estudiantes para su realización.

La diferencia no se justifica ni por la falta de adecuación de las preguntas a los resultados de aprendizaje buscados, ni por la falta de relación entre las actividades de clase y los resultados de aprendizaje, ni por subjetividad en la corrección.

Palabras clave: metodología activa, aprendizaje cooperativo, Evaluación externa

Índice:

1. Introducción.....	3
2. Contexto del proyecto de innovación	3
3. La prueba externa	4
3.1. El proceso de redacción de la prueba externa.....	4
3.2. La prueba total propuesta a los estudiantes	4
4. Resultados obtenidos en la prueba.....	5
5. Interpretación y discusión de los resultados	5
6. Conclusión	6
7. Justificación de gastos asociados a los proyectos de Innovación Docente relacionados con este informe	7
8. Referencias Bibliográficas.....	7
Anexos	8

Evaluación externa del grado de cumplimiento, por parte de los estudiantes, de los objetivos planteados en una materia

1. Introducción

El experimento de innovación docente presentado en este documento se ha puesto en práctica durante el curso 2009-2010 en una asignatura anual de primer curso. Pertenecer a la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Electrónica Industrial.

Consiste en analizar los resultados de una prueba externa (elaborada por un profesor de otra universidad) para evaluar el grado de adquisición de los resultados de aprendizaje por parte los estudiantes de la asignatura.

La prueba se confeccionó únicamente a partir del programa de la asignatura y sus resultados de aprendizaje (El material que utilizó el profesor externo para construir la prueba se muestra en anexo I). Los estudiantes involucrados utilizaron distintos procedimientos de enseñanza-aprendizaje para prepararse para la prueba. Un grupo siguió un procedimiento de enseñanza de la teoría y problemas basado fundamentalmente en clases magistrales, mientras que en los otros dos grupos se utilizó un procedimiento de enseñanza/aprendizaje activo y cooperativo. Los detalles de este procedimiento pueden encontrarse en [1].

La prueba abordó únicamente los contenidos del segundo parcial de la asignatura. En la convocatoria oficial se propuso a los estudiantes una prueba total de 10 puntos donde 5 puntos correspondían a la prueba externa y otros 5 fueron elaborados por profesores de la asignatura. Los profesores de la asignatura habían confeccionado sus preguntas antes de ver las del profesor externo para evitar el condicionamiento.

En este documento se aborda el análisis de los resultados de esta prueba y su interpretación.

2. Contexto del proyecto de innovación

El experimento que se relata en este documento está propuesto por un Equipo Docente con experiencia amplia en la asignatura, que se extiende a más de 15 años. Muy resumidamente pueden expresarse los principales hitos en materia docente del Equipo:

- *Trece proyectos de innovación docente concedidos por la Universidad (con una inversión de 24000 €) para desarrollar recursos docentes para la enseñanza del electromagnetismo.*
- *53 experimentos de electromagnetismo para demostraciones en clase, con página web que describe los experimentos y muestra vídeos de los mismos, puede verse en página de prácticas del ADD de la asignatura.*
- *OpenCourse multimedia para la enseñanza del electromagnetismo*
- *Más de 200 preguntas de test disponibles para cargar en el ADD*
- *Página web del grupo centrada en la mejora de la docencia de la materia www.unizar.es/icee04*
- *Actividades para practicar procedimientos activos y cooperativos en clase (120 horas de actividades presenciales preparadas), disponibles de forma síncrona en el ADD de la asignatura.*
- *Evaluación externa del procedimiento docente llevado a cabo.*

La descripción más detallada de estas actividades puede verse en [1] y en la página web del Equipo Docente www.unizar.es/icee04.

Evaluación externa del grado de cumplimiento, por parte de los estudiantes, de los objetivos planteados en una materia

3. La prueba externa

El experimento educativo se ha puesto en práctica en la asignatura Electricidad y Electrometría, de primer curso, de la titulación de ingeniería técnica industrial, de primer curso. Tiene tres grupos de docencia con 114 alumnos matriculados en total. Un grupo queda como referencia, utilizando un procedimiento docente convencional, y en los otros dos se utiliza un procedimiento de enseñanza/aprendizaje descrito en [1].

En todos los grupos de cada especialidad se mantienen los mismos resultados de aprendizaje, que se evaluarán en un examen común, aunque a los estudiantes que se acogen al nuevo procedimiento se les ofrece un “menú” especial de evaluación en el que se tiene en cuenta los resultados de sus actividades en clase, de forma que el examen común tiene menos peso en su nota total de la asignatura (máximo de la nota de examen y $0,4 * \text{Nota de examen} + 0,6 * \text{Nota actividades clase}$).

Se propuso la evaluación externa en la prueba común a los tres grupos del segundo parcial. Concretamente la mitad de los puntos de la prueba se encargaron al profesor externo y la otra mitad los elaboraron los profesores de la asignatura, previamente a conocer la prueba externa.

Esto se decidió así pues de esta forma podían disgregarse con facilidad los resultados obtenidos en ambas partes por los estudiantes y analizarse tanto los resultados como las comparativas de corrección de ejercicios entre los profesores de la asignatura y el profesor externo.

Para establecer las condiciones en las que debiera realizarse la prueba, para asegurar su validez, se contó con el asesoramiento de la profesora Concha Bueno del Instituto de Ciencias de la Educación ICE) de la UZ.

Siguiendo sus recomendaciones la prueba se realizó sin dar ninguna información a los estudiantes sobre su naturaleza. La prueba consistió en realizar 4 ejercicios aplicados con 10 apartados en total del mismo valor en la evaluación.

La prueba externa se generó exclusivamente a partir de los resultados de aprendizaje y el programa, sin ningún otro dato adicional. Es decir, se envió al profesor externo, exclusivamente la documentación que se muestra en el Anexo I.

3.1. El proceso de redacción de la prueba externa

Con el material que se le suministró el profesor externo preparó la prueba que se describe en el Anexo II. En dicha prueba el profesor detalló los resultados de aprendizaje que la prueba cubría y los problemas que, a su juicio planteaban tanto la redacción de los resultados de aprendizaje como las preguntas propuestas.

Tras un análisis de la prueba por parte de los profesores de la asignatura estos le propusieron realizar un solo cambio en el apartado 2 del primer ejercicio. Para realizarlo el profesor externo solicitó que se modificase el correspondiente resultado de aprendizaje para impedir la pregunta anterior, cosa que realizaron los profesores de la asignatura. El resultado final de estos cambios también se adjunta en el anexo II.

Antes de realizar el cambio se consultó con la profesora Concha Bueno del ICE, sobre la validez del cambio que consideró adecuado.

3.2. La prueba total propuesta a los estudiantes

Como ya se ha comentado antes, por conveniencia para el análisis de los datos, y también por prudencia, se decidió elaborar para los estudiantes una prueba total de

Evaluación externa del grado de cumplimiento, por parte de los estudiantes, de los objetivos planteados en una materia

cuatro ejercicios, con un total de 10 apartados. Cinco de ellos son los correspondientes a los dos ejercicios del evaluador externo que se han mostrado antes y otros cinco corresponden a otros dos ejercicios, con otros cinco apartados confeccionados por los profesores de la asignatura. Así la prueba, consta de dos mitades una interna y otra externa, que en la convocatoria oficial se evalúan conjuntamente, pero a efectos de análisis en este informe pueden tratarse como dos pruebas diferentes realizadas el mismo día y a los mismos estudiantes. La prueba total junto con un análisis de los resultados de aprendizaje que cubre y que no cubre se incluye en el anexo III.

4. Resultados obtenidos en la prueba

La prueba se propuso a los estudiantes de la asignatura en la convocatoria oficial del segundo parcial de la misma. Los alumnos totales matriculados en los tres grupos son 114, de los cuales se presentaron al examen 60. Los datos detallados sobre los resultados de la prueba pueden consultarse en anexo IV

Los resultados de la prueba total (la que da nota oficial a los estudiantes) fueron comparables a los años anteriores en cuanto a porcentaje de aprobados frente a presentados y frente a matriculados. La dificultad efectiva de cada ejercicio medida como la nota media obtenida frente a la máxima posible resultó comparable con la de años anteriores.

Sin embargo, cuando se disgregaron los datos de la prueba en la parte interna y la parte externa se observó una diferencia muy notable en el número de aprobados, que se dobla en la prueba interna respecto a la externa (ver anexo IV)

Buscando explicaciones a esas diferencias se hizo notar que la prueba externa tenía un ejercicio de tres puntos, con dificultad superior a la media, y otro ejercicio de dos puntos, con dificultad inferior a la media; mientras que, la prueba interna tenía un ejercicio de 3 puntos, con dificultad inferior a la media, y otro ejercicio de dos puntos con dificultad superior a la media.

Para homogeneizar las dos pruebas se redujo la puntuación de los ejercicios de tres puntos de las dos pruebas a dos, constando ambas, en este caso, de dos ejercicios de 2 puntos cada uno. Con esta homogenización los resultados de ambas pruebas se acercan entre sí pero, no obstante, se mantiene una diferencia significativa en el número de aprobados para los grupos con procedimiento activo (PID), siendo superior el número de aprobados en la prueba interna. Sin embargo, en los estudiantes del grupo tradicional hay el mismo número de aprobados en ambas pruebas.

Se encargó al profesor externo la corrección de 18 ejercicios elegidos al azar entre los estudiantes presentados. hasta el momento solo disponemos de resultados comparativos de la corrección para la parte externa de la prueba. los resultados detallados pueden consultarse en el anexo VI. La principal conclusión que se obtiene es que, incluso sin haber convenido ningún criterio de corrección previo, los resultados de corrección son comparables entre los profesores de la UZ y el profesor externo, habiendo una desviación media de 0,3 puntos sobre 10 en la media de puntos obtenida por los estudiantes.

5. Interpretación y discusión de los resultados

Cuando se observan los resultados de la prueba oficial y se comparan con los de años anteriores no se obtiene ninguna diferencia relevante. Por ello podría concluirse que sus resultados, en conjunto, son equivalentes a los de años anteriores.

Evaluación externa del grado de cumplimiento, por parte de los estudiantes, de los objetivos planteados en una materia

Sin embargo aparecen diferencias muy significativas cuando se calculan por separado los resultados de cada una de las pruebas. Reflexionando sobre las diferencias observadas no encontramos una causa evidente, ya que:

- Los resultados de aprendizaje que evalúa la prueba externa se consideran adecuados y expresados claramente (pueden verse en el anexo III).
- Las actividades de clase se consideran adecuadas para la preparación de los estudiantes para la prueba. En anexo V se muestran los ejercicios realizados en clase que se consideran más significativos para la preparación para la misma.
- La influencia del profesor corrector no se considera significativa al comparar los resultados del profesor externo y los de la UZ (ver anexo VI).

Entre las distintas hipótesis explicativas se barajan las siguientes:

- Que la redacción del ejercicio 4 en un estilo distinto al de los profesores de la asignatura haya resultado decisivo para que los estudiantes obtengan peores resultados.
- Que al disgregar los datos en dos bloques de 5 puntos, la prueba interna tiene tres puntos en un ejercicio de dificultad inferior a la media, mientras que la externa tiene tres puntos en un ejercicio de dificultad superior a la media. Para intentar verificar esta segunda hipótesis se hizo el análisis de la prueba homogeneizada tal como se indica en el apartado anterior.

En los resultados de las pruebas homogeneizadas el grupo tradicional iguala sus resultados de aprobados en la prueba interna y la externa pero sigue habiendo un número significativamente superior de aprobados en la prueba interna entre los estudiantes de los grupos de procedimiento activo.

- El hecho de que en las pruebas homogeneizadas el grupo tradicional iguale en porcentaje de aprobados sus resultados en ambas pruebas podría avalar la hipótesis de que la redacción es más importante para los estudiantes que basan su aprendizaje en las actividades de clase. No obstante es difícil concluir ya que son pocos los alumnos involucrados en este grupo.

6. Conclusión

Existe alguna diferencia significativa entre las preguntas realizadas en la prueba externa y las realizadas en la prueba interna en cuanto a la dificultad que encuentran los estudiantes para su realización.

La diferencia no se justifica ni por la falta de adecuación de las preguntas a los resultados de aprendizaje buscados, ni por la falta de relación entre las actividades de clase y los resultados de aprendizaje, ni por subjetividad en la corrección.

La única hipótesis verosímil hasta el momento para explicar esta diferencia es la diferente redacción de las preguntas entre ambas pruebas. Esta hipótesis está por verificar aunque existen indicios que la corroboran.

Entendemos que es absolutamente necesario explorar la evaluación externa, de los estudiantes, para asegurar la consecución de los objetivos de aprendizaje fijados en las nuevas memorias de Grado y por tanto para asegurar la calidad de su implementación y el control de su desarrollo.

Evaluación externa del grado de cumplimiento, por parte de los estudiantes, de los objetivos planteados en una materia

De este ensayo deducimos que no es fácil su realización, ya que no solo es necesaria la redacción muy cuidadosa de los resultados de aprendizaje, sino que asociadas a ellos deben existir unas orientaciones claras sobre el nivel de exigencia y sobre la forma en que deben redactarse los ejercicios de evaluación. Esto requiere de mayor investigación para asegurar la validez de las pruebas.

7. Justificación de gastos asociados a los proyectos de Innovación Docente relacionados con este informe

Aprendizaje activo y cooperativo en un curso de Electricidad y Magnetismo para ingenieros - PIIDUZ_04_4_278

Los gastos asociados al proyecto pueden agruparse los siguientes bloques:

Compensación a evaluador externo por el trabajo realizado para la UZ:	500 €
Desplazamiento del evaluador externo a Zaragoza para asistir a IV Jornadas de innovación docente de la UZ y discusión de resultados del proyecto	250 €
Gastos de inscripción al Congreso Universitario Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas en Santander (CUIEET)	400 €
Gastos de viaje al Congreso CUIEET	300 €

8. Referencias Bibliográficas

[¹] J. Mur Amada, J.S. Artal Sevil, M- Samplón, A. Usón Sardaña, J. Letosa Fleta," Aprendizaje activo y cooperativo en un curso de Electricidad y Magnetismo para ingenieros", Informe sobre Proyecto de Innovación Docente PIIDUZ_08_5_225 de la Universidad de Zaragoza, septiembre 2009, puede descargarse en www.unizar.es/icee04.

Anexo I. Documentación entregada el profesor externo para elaborar la prueba

1. Solicitud del profesor externo

En un documento de solicitud del profesor externo se definieron sus funciones. Se envió al profesor Miguel Valero de la UPC y se le pidió consultase en su universidad sobre posibles profesores interesados en participar en la prueba. Tras algunas gestiones aceptó la oferta el profesor Jordi Hernández. En el documento mostrado en la siguiente hoja se añaden los datos del evaluador externo y las funciones que se pidieron realizar.



Propuesta de evaluación externa del aprendizaje



Actividad de innovación docente correspondiente al Proyecto:

“Evaluación externa del grado de cumplimiento, por parte de los estudiantes, de los objetivos planteados en una materia” (PIIDUZ_09_4_278)

Aprobado por la Universidad de Zaragoza en su convocatoria de Innovación Docente 2009, en la línea PIIDUZ 2009–4, titulada: Proyectos de estudios e investigaciones relacionadas con la evaluación de la calidad de la actividad docente y los procesos de aprendizaje de los estudiantes

Objetivo:

Evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos de aprendizaje, de los estudiantes de la asignatura “*Electricidad y Electrometría*”, de la especialidad *Electrónica Industrial*, de la Titulación de *Ingeniería técnica Industrial* de la *Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza*, partiendo de los objetivos programados.

Para realizar esta evaluación se utilizarán pruebas, confeccionadas por el evaluador externo D. Jordi Hernández Marco, profesor Titular del Departamento de teoría de señales y comunicaciones de la Universidad Politécnica de Cataluña, Campus de Casteldefels.

Sus **funciones** serán:

- Generar una prueba para nuestros estudiantes, de cinco puntos, **únicamente sobre los resultados de aprendizaje del segundo cuatrimestre**. La prueba puede tener dos o más preguntas con varios apartados. En total debería haber cinco apartados con el mismo valor a la hora de evaluar (cada apartado valdrá un punto).
- Los estudiantes disponen de dos horas para realizar la prueba descrita en el apartado anterior. En total a los estudiantes se les propondrá una prueba de 10 apartados (cinco los pondremos sus profesores de la UZ) para la que dispondrán de 4 horas. Según sugerencia de nuestros expertos del ICE, para asegurar la validez de la prueba los estudiantes no deben conocer la circunstancia de que la mitad de la prueba ha sido confeccionada por un evaluador externo.
- La prueba se construirá a partir de los objetivos de aprendizaje de la asignatura, que adjuntamos. Se ha intentado concretarlos lo suficiente para que la prueba que se genere no sorprenda a los estudiantes. No obstante, el evaluador puede pedir cuantas aclaraciones crea necesario, las cuales quedarán documentadas como parte de la experiencia.
- El evaluador debería indicar, en documento aparte, los objetivos de aprendizaje que evalúa cada uno de los ejercicios que propone.
- El evaluador debería corregir, según nos han sugerido nuestros expertos del ICE, al menos 30 ejercicios completos (los cinco puntos que él pone más cinco nuestros) de estudiantes elegidos al azar. De esta forma se tiene una doble corrección a la hora de interpretar los resultados.
- Por último se tendrá una reunión de discusión con el evaluador, para discutir los resultados de la prueba.

2. Material aportado al profesor externo para la confección de la prueba

En las páginas siguientes se incluye el material de trabajo que se envió al profesor externo para preparar la prueba.

El profesor externo no tuvo ninguna otra información adicional sobre la orientación de la asignatura, ni sobre el tipo de problemas que en ella se resuelven, ni conoció ningún examen de convocatorias anteriores de la asignatura.

Electricidad y Electrometría Curso 2009-2010

Competencias y resultados de aprendizaje marcados en las nuevas memorias de grado un poco adaptados. (Versión para los profesores).

Competencias

Generales

- G1 Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico (Nivel básico)
- G2 Capacidad para aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo (Nivel básico)

Específicas

- E1 Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales del electromagnetismo, y su aplicación para la resolución de problemas propios de la Ingeniería.
- E2 Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la Ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral. (Nivel básico.)

Resultados de aprendizaje (Las cosas que el estudiante debe aprender para ser competente en lo anteriormente dicho. Todas ellas han de ser evaluables y evaluadas.)

Instrumentales:

- R11 Utiliza adecuadamente el sistema internacional de unidades y sabe escribir las unidades de las magnitudes de forma correcta.
- R12 Sabe manejar la instrumentación básica de un laboratorio eléctrico/electrónico (polímetro, generador DC y generador de señales).

Generales:

- RG1 Utiliza las leyes fundamentales del electromagnetismo en problemas básicos en ingeniería.

Específicos:

Primer Cuatrimestre

- R1C1 Sabe aplicar la ley de Gauss en su forma integral para el cálculo de campo eléctricos en las geometrías básicas (plana, cilíndrica y esférica).
- R1C2 Calcula la diferencia de potencial entre electrodos a partir de la integral de línea del campo eléctrico.
- R1C3 Sabe calcular capacidades de condensadores en simetrías plana, cilíndrica y esférica.
- R1C4 Conoce los fenómenos de ruptura dieléctrica y sabe realizar cálculos básicos de ruptura en los sistemas eléctricos. (Utilizando únicamente el concepto de rigidez dieléctrica para caracterizar la ionización del medio).
- R1C5 Sabe calcular la energía eléctrica acumulada en sistemas electrostáticos, tanto a partir de la capacidad como directamente a partir de los campos.

Segundo Cuatrimestre

- R2C1 Conoce la ley de Ohm local como la relación entre dos campos vectoriales y la sabe aplicar al cálculo de resistencias eléctricas usando la ecuación de continuidad en su forma integral.
- R2C2 Conoce la ley de Joule y sus consecuencias en la reducción del rendimiento de los sistemas eléctricos.
- R2C3 Conoce el origen de los campos magnéticos a partir de la corriente eléctrica y sabe aplicar la ley de Ampère en su forma integral para calcular los campos magnéticos de circuitos básicos (hilos indefinidos solenoides y toroides.)
- R2C4 Conoce el origen de fuerzas y pares de fuerzas en conductores contenidos en campos magnéticos y sabe aplicar las expresiones a circuitos básicos (hilos rectilíneos y espiras).
- R2C5 Calcula los flujos magnéticos a través de espiras y bobinas, y sabe calcular la fuerza electromotriz mediante la ley de Faraday en su forma integral.
- R2C6 Sabe utilizar el ciclo de histéresis de los materiales ferromagnéticos y conoce las consecuencias tecnológicas de la no linealidad.
- R2C7 Sabe calcular el coeficiente de autoinducción e inducción mutua en conductores con geometrías sencillas.
- R2C8 Sabe calcular la energía eléctrica y la energía magnética acumuladas en sistemas electromagnéticos, así como la potencia disipada en un conductor, tanto a partir de la autoinducción o de la resistencia, como directamente partir de los campos.

Descripción detallada de contenidos y objetivos por temas

PRIMER CUATRIMESTRE

Tema 1: Campos electrostáticos

TIEMPO MÁXIMO TOTAL DE TRABAJO POR PARTE DE ESTUDIANTE: 15 h
DURACIÓN DE LA UNIDAD: Dos semanas de clase

Contenidos:

3. Carga eléctrica: Propiedades

4. Materiales conductores y aislantes

4.1. Conductores:

4.1.1. Efecto de acercar un objeto cargado a un conductor.

4.1.2. Conexión a tierra.

4.1.3. Carga por inducción.

4.2. Dieléctricos: Polarización

5. Ley de Coulomb

5.1. Fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales

5.2. Fuerza sobre una carga debida a varias cargas puntuales

6. Campo eléctrico

6.1. Definición

6.2. Representación del campo eléctrico: Líneas de campo

7. Diferencia de potencial eléctrico

8. Distribución continua de carga en objetos: Densidad de carga

9. Anexo: Sistema internacional de unidades

Bibliografía básica:

Para obtener aclaraciones sobre lo expuesto en clase y revisar los contenidos desde otros puntos de vista, se recomienda la consulta de los apartados indicados en las siguientes referencias.

Apt 3	Serway 23.1	Tipler P. 18.1
Apt. 2	Serway 23.2	Resnick 27.3
Apt 2.1	Serway 24.4	Resnick 29.4, 30.10 (los dos primeros apartados)
Apt 2.2	Marshall pp 278-279	Resnick 31.6 (sin atender a las referencias sobre condensadores)
Apt 3	Serway 23.3	Resnick 27.4
Apt 4	Serway 23.4	Resnick 28.1 - 28.5
Apt 5	Serway 25.1	Resnick 30.1-30.4, 30.8
Apt 6	Serway 23.5	Resnick 28.5 (sólo primer apartado)

Referencias completas:

Tipler P., "Física", Reverté, 3ª ed., Vol. 2, Bilbao, 1996.

Un libro de física general, del mismo nivel que el Serway y el Resnick pero que utiliza fotografías y dibujos a todo color. Puede ser un complemento muy interesante a los apuntes obtenidos en clase.

Serway R., "Electricidad y Magnetismo", 3ª Ed. revisada, McGraw-Hill, México, 1997.

Esta es la versión reducida del tratado de Física del mismo autor en dos volúmenes, disponible también en la biblioteca. La parte de electromagnetismo comienza en el segundo volumen y su referencia completa es:

Serway R., "Física", 4ª Ed., McGraw-Hill, México, 1997.

Cuando nos refiramos a esta obra pondremos Serway Compl.

Resnick y Halliday., "Física", Tomo II, 4ª, Ed. CECSA, Mexico, 1993.

Marshall S., DuBroff R., Skitek G., "Electromagnetismo, conceptos y aplicaciones", 4ª Ed., Prentice Hall, México, 1997.

Objetivos:

- ⇒ T1O1 El objetivo general a cubrir en este tema es el conocimiento “panorámico” de los conceptos básicos utilizados en el estudio de los campos electrostáticos (Carga eléctrica, ley de Coulomb, campo eléctrico, diferencia de potencial, propiedades eléctricas básicas de los materiales conductores y aislantes)
- ⇒ T1O2 Entender el concepto de carga eléctrica y sus propiedades.
- ⇒ T1O3 Conocer la ley de Coulomb como el principio experimental que rige la fuerza entre cargas eléctricas.
- ⇒ T1O4 Interpretar la interacción entre cargas en términos de un campo vectorial, en oposición al concepto de fuerzas instantáneas de acción a distancia.
- ⇒ T1O5 Visualizar los campos eléctricos mediante líneas de campo.
- ⇒ T1O6 Entender el significado de la diferencia de potencial electrostático en términos de trabajo contra las fuerzas del campo eléctrico.
- ⇒ T1O7 Entender que las diferencias entre dieléctricos y conductores se deben a su diferente estructura atómica.
- ⇒ T1O8 Comprender el efecto total que produce un campo eléctrico sobre un dieléctrico y sobre un conductor, entendiendo las diferencias prácticas entre ambos casos y sus implicaciones en diversos supuestos,
- ⇒ T1O9 Conocer las magnitudes utilizadas para definir una distribución continua de carga en objetos. (Las densidades de carga)
- ⇒ T1O10 Recordar el sistema internacional de unidades y entrenarse en su uso y correcta nomenclatura.
- ⇒ T1O11 Introduce a los estudiantes del procedimiento activo en la forma de trabajo en grupo que usarán el resto del curso.

Tema 2: Condensadores en vacío. Ley de Gauss

TIEMPO MÁXIMO TOTAL DE TRABAJO POR PARTE DE ESTUDIANTE:

23 h

DURACIÓN DE LA UNIDAD: Tres semanas de clase

Contenidos:

1. Introducción

2. Definición de condensador: Propiedades

3. Sistemas de varios conductores: Capacidades parásitas

4. Etapas básicas del cálculo de la capacidad de un condensador

5. Campo eléctrico en condensadores: Ley de Gauss

5.1. Flujo del campo de velocidades de un fluido

5.2. Flujo del vector campo eléctrico

5.3. La ley de Gauss

5.4. Aplicación de la ley de Gauss al cálculo de campos eléctricos

5.4.1. Procedimiento de puesta en práctica

- * Utilizar argumentos de simetría para determinar "a priori" la dirección del campo eléctrico las superficies donde el módulo del campo eléctrico es constante.
- * Elección de la superficie gaussiana adecuada.
- * Cálculo del flujo eléctrico total a través de la superficie elegida. (Sin utilizar la carga encerrada)
- * Cálculo de la carga en el interior de la superficie gaussiana.
- * Igualar los resultados de los puntos anteriores por aplicación de la ley de Gauss.
- * despejar el campo eléctrico en función de la densidad de flujo eléctrico.

6. Capacidad de un condensador plano en vacío

6.1. Propiedades de los conductores en equilibrio

6.2. Procedimiento general para el cálculo de la diferencia de potencial

- * Elegir una trayectoria adecuada entre los puntos inicial y final.
- * Elegir un sistema de coordenadas adecuado a la trayectoria tomada y resolver el producto escalar.
- * Poner dl y los límites en función de la variable de integración.
- * Resolver la integral simple que resulta de la aplicación de los pasos anteriores.

6.3. Cálculo de la capacidad de un condensador plano en vacío

- * Cálculo del campo eléctrico E . Para ello, primero obtenemos D , mediante la ley de Gauss (procedimiento descrito en Apt. 5.4.1) y luego el campo E mediante su relación con D .
- * Determinación de la diferencia de potencial entre las placas (Proc. descrito en Apt. 6.2).
- * Cálculo de la carga total de la placa positiva.
- * Calcular la capacidad a partir de su definición.

Bibliografía básica:

Apt 1	Tippler introducción Cap. 21, p. 690		
Apt 2	Cheng 3.9	Resnick 31.1	Serway 26.1
Apt 5.1 y 5.2	Resnick 29.1, 29.2	Serway 24.1	
Apt 5.3	Serway 24.2	Resnick 29.3	
Apt 5.4	Serway 29.3	Resnick 29.5	
Apt 6	Resnick 31.2	Serway 26.2	
Apt 6.1	Serway 24.4	Resnick 29.4, 30.10 (los dos primeros apartados)	
Apt 6.2	Serway 25.1-3	Resnick 30.1, 30.4, 30.6	*

Resulta muy recomendable leer el apartado 29.6 del Resnick sobre la demostración experimental de las leyes de Gauss y Coulomb.

Para una demostración formal de la ley de Gauss, véase Serway 24.6

Referencias completas

Cheng D., “Electromagnetismo para la ingeniería”, Addison-Wesley Iberoamericana, USA, 1997.

Este libro es de un nivel mayor que el Resnick Serway o Tipler. Realiza desarrollos con formulaciones matemáticas más sofisticadas que las que hemos introducido aquí. No obstante, para los puntos en que se han recomendado puede dar aclaraciones y puntos de vista útiles para la mejor comprensión de la materia. Usar con precaución

** Franco García, Ángel; Curso de física por ordenador. (Ver ref. completa en tema anterior.)*

☞ El resto de referencias completas pueden encontrarse en la bibliografía del primer tema.

OBJETIVOS DE LA UNIDAD:

- ⇒ T2O1 Saber de que elementos está constituido un condensador y sus aplicaciones prácticas básicas.
- ⇒ T2O2 Conocer el significado físico del flujo de un campo vectorial
- ⇒ T2O3 Conocer la ley de Gauss para el campo eléctrico estático.
- ⇒ T2O4 Saber calcular el flujo del campo eléctrico en la situaciones básicas de elevada simetría propuestas en los problemas de este tema (simetría plana, cilíndrica y esférica).
- ⇒ T2O5 Entender el papel de los argumentos de simetría en el cálculo de campos eléctricos mediante la ley de Gauss y las limitaciones que imponen.
- ⇒ T2O6 Dominar el procedimiento de cálculo de diferencias de potencial en general, y en particular para el cálculo de la diferencia de potencial entre las placas de un condensador, prestando especial atención a su signo.
- ⇒ T2O7 Saber calcular la capacidad de un condensador plano en vacío.

Tema 3: Condensadores con dieléctricos. Apantallamiento y ruptura dieléctrica

TIEMPO MÁXIMO TOTAL DE TRABAJO POR PARTE DE ESTUDIANTE: 46 h

DURACIÓN DE LA UNIDAD: Cinco semanas de clase.

Contenidos:

1. Condensadores con dieléctrico

- 1.1. Descripción mediante el vector polarización, \mathbf{P}
- 1.2. Significado del vector \mathbf{P} .
- 1.3. La ley de Gauss en presencia de dieléctricos.

2. : Potenciales puntuales; referencias de potencial

- 2.1. Superficies equipotenciales

3. Apantallamiento eléctrico

4. Ruptura dieléctrica

- 4.1. Introducción
- 4.2. Explicación del fenómeno
 - 4.2.1. Dependencia de la rigidez dieléctrica con la presión
 - 4.2.2. Efecto Corona
 - 4.2.3. Efecto de puntas
- 4.3. Aplicaciones y problemas asociados
- 4.4. Un ejemplo en la naturaleza: Las tormentas de rayos

Bibliografía básica:

Apt 1.1, 1.2	Serway 26.5	Marshall p. 280 y 6.2.5
Apt 1.3	Serway 26.2	Resnick 31.5
Apt 1.3	Serway p. 90 Ej. 26.2	Tipler 21.1
Apt 1.3	Serway p. 91 Ej. 26.3	Resnick p. 98
Apt 2	Serway 25.3	
Apt 3	Plonus 2.10	Curso de Física por internet de A. Franco (entrar en electromagnetismo/campo eléctrico/cubeta de Faraday/conductores)
Apt 4	Plonus 2.13	Resnick pp. 83 –84

Referencias completas:

Plonus M., "Electromagnetismo aplicado", Reverté, Barcelona, 1982.

Este libro es de un nivel superior al Resnick Serway o Tipler. Algunos planteamientos que presenta son más sofisticados que los vistos en este curso, pero puede ser útil en los apartados indicados. Usar con precaución.

☞ Las referencias completas que faltan pueden encontrarse en la bibliografía de los temas anteriores

OBJETIVOS DE LA UNIDAD:

- ⇒ T301 Sabe aplicar la ley de Gauss en su forma integral para calcular las capacidades de condensadores geometrías básicas (cartesiana cilíndrica y esférica), cuando tenemos dieléctricos entre sus placas.
- ⇒ T302 Entiende la caracterización de la polarización dieléctrica mediante el vector \mathbf{P} .
- ⇒ T303 Conoce la relación entre \mathbf{P} y \mathbf{E} mediante la susceptibilidad y entre \mathbf{D} y \mathbf{E} mediante la permitividad.
- ⇒ T304 Entiende el concepto de potencial puntual respecto a una referencia y sabe aplicarlo en problemas básicos.
- ⇒ T305 Conoce los fundamentos del apantallamiento electrostático y sus limitaciones y sabe aplicarlos a problemas sencillos.
- ⇒ T306 Conoce los fenómenos de ruptura dieléctrica y sabe realizar cálculos básicos de ruptura en los sistemas eléctricos.
- ⇒ T307 Es capaz de obtener los valores límite del campo \mathbf{E} o del potencial en un sistema eléctrico, sin que se produzca ionización en el dieléctrico, para las configuraciones geométricas estudiadas.

Tema 4: Energía Electroestática

TIEMPO MÁXIMO TOTAL DE TRABAJO POR PARTE DE ESTUDIANTE: 29 h

DURACIÓN DE LA UNIDAD: Tres semanas de clase

Contenidos:

1. Energía electrostática en sistemas de cargas puntuales

- 1.1. Sistema de dos cargas
- 1.2. Sistema de N cargas

2. Energía electrostática almacenada en un condensador

- 2.1. En función de su carga o de su diferencia de potencial
- 2.2. En función de los campos E y D entre sus placas
- 2.3. Densidad de energía electrostática asociada a un campo eléctrico

3. Calentamiento de dieléctricos mediante campos eléctricos de alta frecuencia

- 3.1. Hornos de microondas
 - 3.1.1. Observaciones experimentales
 - 3.1.2. Una explicación simplificada
 - 3.1.3. Preguntas más frecuentes
- 3.2. Otras aplicaciones

Bibliografía básica:

Apt 1	Cheng 3.10, pp120 – 123.	Plonus p. 220
Apt 2	Resnick 31.4	Serway 26.4
Apt 3	www.gallawa.com/microtech	Metaxas pp. 390-406 Duhayon

OBJETIVOS DE LA UNIDAD:

- ⇒ T4O1 Saber calcular la energía electrostática de un sistema eléctrico a partir del trabajo necesario para llevar cada una de las cargas desde puntos muy alejados (infinito) a la posición que les corresponde en el sistema.
- ⇒ T4O2 Saber calcular la densidad de energía asociada a cada punto del espacio en función de los campos **D** y **E** y la energía electrostática total asociada a un volumen.
- ⇒ T4O3 Responder a cuestiones básicas sobre el calentamiento de dieléctricos mediante campos eléctricos variables con el tiempo, conociendo los parámetros básicos de los que depende y sus aplicaciones prácticas fundamentales.

SEGUNDO

CUATRIMESTRE

Tema 5: Corriente eléctrica

TIEMPO MÁXIMO TOTAL DE TRABAJO POR PARTE DE ESTUDIANTE: 28 h

DURACIÓN DE LA UNIDAD: Cuatro semanas de clase.

Contenidos:

1. Descripción general

2. Densidad e intensidad de corriente eléctrica

- 2.1. Definición de intensidad de corriente eléctrica
- 2.2. Vector densidad de corriente eléctrica

3. La ley de Ohm (Cálculo de resistencias)

- 3.1. Definición de medio óhmico: Ley de Ohm local y global
- 3.2. Cálculo de resistencia eléctrica.

- **Estudio de simetría:** Obtener la dirección de \mathbf{J} y las superficies en las que su módulo es constante (en los problemas que trataremos aquí serán superficies perpendiculares al movimiento de los portadores libres de carga).
- Aplicar la definición de corriente eléctrica a partir de \mathbf{J} para obtener $|\mathbf{J}|$ en función de I .
- Aplicar la **ley de Ohm local** ($\mathbf{J} = \sigma \cdot \mathbf{E}$) para calcular \mathbf{E} .
- Obtener la **diferencia de potencial** entre los electrodos por integración del campo eléctrico.
- Calcular la **resistencia** aplicando la **ley de Ohm global o macroscópica** ($V = I \cdot R$).

4. La ecuación de continuidad

- 4.1. Descripción
- 4.2. La regla de Kirchhoff para la intensidad

5. Disipación de potencia en circuitos

- 5.1. Potencia transferida a un sistema eléctrico por un generador: Ley de Joule.
- 5.2. Densidad de potencia disipada en un conductor

6. Fuerza electromotriz

- 6.1. Relación entre la fuerza electromotriz (fem) de un generador y la diferencia de potencial (ddp) entre sus terminales
- 6.2. Generadores eléctricos

7. Mecanismos de conducción en la materia

- 7.1. Conducción en metales
- 7.2. Semiconductores
 - 7.2.1. Dependencia de la conductividad de los semiconductores con la concentración de impurezas y con la temperatura: Observaciones experimentales.
 - 7.2.2. Teoría de conducción en semiconductores
 - 7.2.3. Aplicaciones
- 7.3. Superconductores
 - 7.3.1. Cronología de los descubrimientos experimentales
 - 7.3.2. Aplicaciones
 - 7.3.3. La teoría que explica su comportamiento

Bibliografía básica:

Apt. 1	Resnick 32.1	Cheng 4.1	
Apt. 2	Resnick 32.2	Cheng 4.2.a	Serway 27.2
Apt. 3	Resnick 32.3 pp. 121 – 122	Cheng 4.2.b	Serway 27.3
Apt. 4	Marshall 6.4.2 pp. 316 – 318	Cheng 4.3 (prescindir en ambas de los cálculos diferenciales)	
Apt. 5	Resnick 32.6	Cheng 4.4	Serway 27.7, 27.8
Apt. 6	Resnick 33.1	Serway 28.1	
Apt. 7.2	Resnick 32.7		
Apt 7.3	Resnick 32.8	Serway Compl 27.4	

Serway Compl = Serway R.; “Física”, V. 2; 4ª Ed. McGraw-Hill, México, 1997.

OBJETIVOS DE LA UNIDAD:

- ⇒ T501 Conocer la descripción de la corriente eléctrica, tanto en función de la cantidad escalar y global intensidad de corriente I , como de la cantidad vectorial y local densidad de corriente eléctrica.
- ⇒ T502 Entender la ecuación de continuidad, en forma integral, como expresión matemática de la conservación de la carga en un volumen cualquiera. Ser capaz de aplicarla en casos sencillos.
- ⇒ T503 Comprender el método a seguir para el cálculo de campos eléctricos en el interior de conductores con corrientes eléctricas, usando la ecuación de continuidad en forma integral. Ser capaz de aplicarlo a problemas con geometrías básicas (plana, cilíndrica y esférica).
- ⇒ T504 Entender el método de cálculo de resistencias en función de la geometría y la conductividad del material, utilizando las ecuaciones básicas en forma integral. Ser capaz de emplearlo en problemas con las geometrías básicas (plana, cilíndrica y esférica).
- ⇒ T505 Saber calcular la potencia disipada en un conductor por el paso de una corriente eléctrica. En función de V e I y también en función de \mathbf{J} y \mathbf{E} .
- ⇒ T506 Comprender el concepto de fuerza electromotriz, como la causa que genera corrientes estacionarias en un medio conductor, cuyo origen ha de ser distinto al de las fuerzas electrostáticas.
- ⇒ T507 Conocer descriptivamente el mecanismo de conducción en metales.
- ⇒ T508 Conocer descriptivamente los fundamentos básicos de la conducción en semiconductores y superconductores y sus principales aplicaciones prácticas.

Tema 6: Campo Magnético en vacío

TIEMPO MÁXIMO TOTAL DE TRABAJO POR PARTE DE ESTUDIANTE: 29 h

DURACIÓN DE LA UNIDAD: Tres semanas y media de clase.

Contenidos:

1. Introducción

2. La Ley de Biot y Savart

- 2.1. Fuerza magnética entre elementos de corriente de circuitos filiformes
- 2.2. *El producto vectorial.*
- 2.3. Vector campo magnético para circuitos filiformes (Ley de Biot y Savart)
 - 2.3.1. Líneas de campo magnético: significado físico
- 2.4. Cálculo de campos magnéticos de circuitos sencillos

3. La Ley de Ampère

- 3.1. Comprobación para el caso de un hilo de corriente rectilíneo e indefinido
- 3.2. Cálculo de campos magnéticos utilizando la ley de Ampere

- * **Estudio de simetría** para determinar la dirección del campo magnético y los puntos del espacio en los que su módulo permanece constante.
- * Cálculo de la **circulación** de **B**. Para ello se requiere **elegir** una **trayectoria adecuada**, en la que **B** permanezca constante en módulo.
- * Cálculo de la **corriente abrazada I por la trayectoria elegida.**
- * **Cálculo de B** utilizando **la ley de Ampère** para los resultados de los apartados anteriores.

4. Fuerzas y pares de fuerzas magnéticas sobre circuitos portadores de corriente

- 4.1. Fuerza sobre un conductor rectilíneo
- 4.2. Par de fuerza sobre una espira de corriente en un campo magnético constante
- 4.3. Aplicaciones: el galvanómetro, motores eléctricos, altavoces.

5. Fuerza magnética sobre una carga puntual en movimiento (Ley de Lorentz)

- 5.1. Ley de Lorentz
- 5.2. El Efecto Hall
 - 5.2.1. Aplicaciones a la medida de: Signo de portadores de carga, medida de corriente, potencia eléctrica

Bibliografía básica:

Apt. 2.2	Marshall pp. 11 – 12	Cheng 2.3.2, 2.4.1
Apt 2.1 y 2.3	Resnick 35.1	Serway 30.1
Apt 2.4	Resnick 35.2	Serway Ejemplos 30.1, 30.3, 30.3
Apt 3.1	Resnick 35.5	Serway 30.3
Apt. 3.2	Resnick 35.6, Pb. Muestra 5 p. 196	Serway 30.4, 30.5 y Ej. 30.4 y 30.5
Apt. 4.2	Resnick 34.5, 34.6 y 34.7	Serway 29.3, 29.4
Apt. 4.3	Resnick Pb. Muestra 7, p. 175	Giancoli 37.6 Marshall Ej. 7, p. 417
Apt. 5	Resnick 34.2	Serway 29.2
Apt. 5.2	Resnick 34.4	Serway 29.7 Marshall 7.6.2

Giancoli D.C., “Física para Universitarios”, 3ª Ed. Vol. 1, Prentice-Hall, México, 2002.

OBJETIVOS DE LA UNIDAD:

- ⇒ T6O1 Conocer que el origen de los campos magnéticos está en las corrientes eléctricas.
- ⇒ T6O2 Conocer descriptivamente la forma de calcular el campo magnético creado por una corriente eléctrica sobre un circuito filiforme por superposición del campo creado por cada uno de sus elementos de corriente (Ley de Biot y Savart).
- ⇒ T6O3 Entender el significado físico de las líneas de campo magnético.

- ⇒ T6O4 Saber utilizar la Ley de Ampère, en forma integral, para el cálculo de campos magnéticos con simetría suficiente (hilos rectilíneos, solenoides muy largos y toroides).
- ⇒ T6O5 Saber calcular la fuerza ejercida por un campo magnético sobre circuitos muy sencillos (hilos o espiras filiformes) por los que circula corriente eléctrica, por integración directa de la expresión $d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$.
- ⇒ T6O6 Entender como un campo magnético origina pares de fuerzas en circuitos con corrientes y conocer descriptivamente que en este principio se fundamentan numerosas aplicaciones prácticas: galvanómetros analógicos, motores eléctricos, altavoces.
- ⇒ T6O7 Saber resolver problemas de pares de fuerzas muy simples a partir de la definición del momento dipolar magnético.
- ⇒ T6O8 Conocer en qué consiste el efecto Hall y sus principales aplicaciones prácticas. Saber resolver problemas básicos con \mathbf{B} constante en todos los puntos del sensor.

Tema 7: El Campo Magnético en la materia

TIEMPO MÁXIMO TOTAL DE TRABAJO POR PARTE DE ESTUDIANTE: 21 h

DURACIÓN DE LA UNIDAD: Dos semanas y media de clase.

Contenidos:

1. El flujo del campo magnético a través de superficies cerradas

2. El origen del magnetismo en la materia

3. La ley de Ampere generalizada a medios materiales

3.1. Vector intensidad de campo magnético \mathbf{H} . Vector magnetización \mathbf{M} . Susceptibilidad y permeabilidad magnética.

3.2. La ley de Ampere Generalizada

- * Estudio de la simetría.
- * Elección de una trayectoria de Ampere adecuada y del sentido de circulación.
- * Cálculo de la circulación de \mathbf{H} por la trayectoria elegida.
- * Cálculo de la corriente abrazada por la trayectoria de Ampere.
- * Aplicación de la ley de Ampere generalizada a medios materiales para despejar \mathbf{H} .
- * Obtener \mathbf{B} en función de \mathbf{H} .

4. Clasificación de materiales por sus propiedades magnéticas

4.1. Materiales no magnéticos: Paramagnetismo y Diamagnetismo

4.2. Materiales magnéticos: Ferromagnetismo. No linealidad e histéresis

5. El magnetismo terrestre

Bibliografía básica:

Apt. 1	Resnick 37.1	Serway 30.6, 30.7
Apt. 2	Resnick pp. 239 – 240	Serway pp. 222 – 223
Apt. 3	Marshall pp. 294 – 298	Serway pp 224 – 226
Apt. 4	Resnick 37.4	Serway pp. 226 – 230
Apt 4.2	Marshall 7.4.3	Serway pp. 226 – 228

OBJETIVOS DE LA UNIDAD:

- ⇒ T701 Conocer descriptivamente el hecho experimental de que el flujo de \mathbf{B} a través de cualquier superficie cerrada es nulo y sus implicaciones respecto a la no existencia de polos magnéticos aislados.
- ⇒ T702 Entender que el origen del magnetismo en la materia está en las corrientes creadas por el movimiento de los electrones en torno a sus núcleos.
- ⇒ T703 Saber que la imanación de un material puede representarse mediante corrientes equivalentes, y caracterizarse mediante el vector magnetización, o densidad volúmica de momento dipolar.
- ⇒ T704 Conocer la extensión de la ley de Ampere, en forma integral, a medios materiales y en concreto su expresión en función del vector intensidad de campo magnético y de las corrientes reales.
- ⇒ T705 Ser capaz de resolver problemas de geometrías simples con dieléctricos (hilos y solenoides indefinidos y toroides) mediante la ley de Ampere en forma integral.
- ⇒ T706 Conocer la relación local entre los vectores \mathbf{B} , \mathbf{M} y \mathbf{H} . Susceptibilidad y permeabilidad magnética.
- ⇒ T707 Distinguir los distintos tipos de materiales en cuanto a sus propiedades magnéticas.
- ⇒ T708 Conocer descriptivamente la relación no lineal y dependiente de la historia anterior, para los vectores \mathbf{B} y \mathbf{H} , en materiales ferromagnéticos.

Tema 8: Inducción electromagnética y energía magnética: Aplicaciones.

TIEMPO MÁXIMO TOTAL DE TRABAJO POR PARTE DE ESTUDIANTE: 31 h

DURACIÓN DE LA UNIDAD: Cuatro semanas de clase.

Contenidos:

1. Los Experimentos de Faraday

2. La Ley de Faraday y Lenz

2.1. Fundamento energético de la Ley de Lenz

3. F.e.m. inducida sobre un circuito móvil en un campo magnético estático

4. Autoinducción e inducción mutua

4.1. Autoinducción: Cálculo para circuitos básicos

- * Cálculo del campo \mathbf{B} mediante la ley de Ampère
- * Cálculo del flujo magnético creado sobre el mismo circuito por su campo \mathbf{B}
- * Cálculo del coeficiente de autoinducción como el cociente entre el flujo y la intensidad por el circuito

4.2. Inducción mutua

- * Cálculo del campo \mathbf{B}_{21} , mediante la ley de Ampere, que crea el circuito 1 sobre el circuito 2.
- * Cálculo del flujo magnético Φ_{21} creado sobre el circuito 2 por el campo \mathbf{B}_{21} creado por el circuito 1.
- * Cálculo del coeficiente de inducción mutua M , como el cociente entre el flujo, Φ_{21} , sobre el circuito 2 y la intensidad por el circuito 1.

5. El transformador ideal (opcional)

6. Energía magnética

6.1. Densidad de energía en función de \mathbf{B} y \mathbf{H}

7. Corrientes parásitas o de Foucault

8. Generadores eléctricos básicos (opcional)

Bibliografía básica:

Apt. 1	Resnick 36.1	Serway 31.1	
Apt 2	Resnick 36.2	Serway 31.1	
Apt 2.1	Resnick 36.3		
Apt 3	Resnick 36.4	Serway 31.2	Marshall 8.5
Apt 4.1	Resnick 38.1. 38.2	Serway 32.1	
Apt 4.2	Marshall 6.6.3	Serway 32.4	
Apt 5	Tipler 28.6	Giancoli 29.6	
Apt 6.1	Resnick 38.4	Serway 32.3	
Apt 7	Tipler 26.5	Giancoli p. 744	Plonus pp. 479-482
Apt 8	Tipler 26.6	Giancoli 29.4	

OBJETIVOS DE LA UNIDAD:

- ⇒ T8O1 Conocer la ley experimental de Faraday, que permite calcular la intensidad inducida en un circuito mediante un campo magnético variable, y saber aplicarla para la resolución de problemas básicos.
- ⇒ T8O2 Conocer la posibilidad de generar corrientes eléctricas por movimiento de un circuito en un campo magnético constante. Tener capacidad de resolución de problemas muy sencillos basados en lo anterior.
- ⇒ T8O3 Entender los conceptos de autoinducción e inducción mutua. Saber resolver problemas sencillos.
- ⇒ T8O4 Conocer la expresión de la energía magnética en función del campo magnético y de la autoinducción. Saber aplicarla a problemas básicos.
- ⇒ T8O5 Interpretar la aparición de corrientes parásitas (o de Foucault) en sólidos conductores que están en presencia de campos magnéticos variables, utilizando la ley de Faraday y Lenz.

Anexo II. Preparación de la prueba externa

1. Primera versión de la prueba externa

En este apartado incluimos la prueba original enviada por el evaluador externo D. Jordi Hernández, con sus propios comentarios

RELACIÓN DE OBJETIVOS

Ejercicio 1

Apartado a

T501 Conocer la descripción de la corriente eléctrica, tanto en función de la cantidad escalar y global intensidad de corriente I , como de la cantidad vectorial y local densidad de corriente eléctrica.

Comentario: En este apartado hay que calcular la corriente a partir de la densidad de corriente. No tengo muy claro que esto corresponda a este objetivo.

T604 Saber utilizar la Ley de Ampère, en forma integral, para el cálculo de campos magnéticos con simetría suficiente (hilos rectilíneos, solenoides muy largos y toroides).

Comentario: Un hilo de corriente con una densidad de corriente no uniforme no incumple ninguno de los requisitos establecidos en el objetivo, aunque requiere integrar en cilíndricas.

Apartado b

T605 Saber calcular la fuerza ejercida por un campo magnético sobre circuitos muy sencillos (hilos o espiras filiformes) por los que circula corriente eléctrica, por integración directa de la expresión $dF = Idl \times B$

Comentario: Calcular la fuerza con un campo magnético no constante en el hilo no incumple ninguno de los requisitos establecidos en el objetivo, aunque es un problema con un nivel de dificultad medio tirando a alto.

Apartado c

T803 Entender los conceptos de autoinducción e inducción mutua. Saber resolver problemas sencillos.

Comentario: Aunque está incluido en este objetivo y también en los T801 y T802, creo que sería aconsejable tener un objetivo relacionado con el cálculo de flujos magnéticos. La frase “saber resolver problemas sencillos” es difícil de interpretar. Calcular el flujo magnético de un campo no constante es un problema sencillo?

Ejercicio 2

Apartado a

T802 Conocer la posibilidad de generar corrientes eléctricas por movimiento de un circuito en un campo magnético constante. Tener capacidad de resolución de problemas muy sencillos basados en lo anterior.

Comentario: Entiendo que dentro del concepto “conocer” se incluye saber determinar cuando un circuito en movimiento genera corriente y cuando no. ¿También incluye saber si la corriente generada será continua o alterna?

T801 Conocer la ley experimental de Faraday, distinguiendo claramente entre fuerza electromotriz inducida y corriente inducida. Calcular la intensidad inducida en un circuito mediante un campo magnético variable, y saber aplicarla para la resolución de problemas básicos.

Comentario: Entiendo que dentro del concepto “conocer” se incluye saber que para generar corriente el flujo magnético debe variar con el tiempo y si esta variación es constante la corriente generada es continua.

Apartado b

T802 Conocer la posibilidad de generar corrientes eléctricas por movimiento de un circuito en un campo magnético constante. **Tener capacidad de resolución de problemas muy sencillos basados en lo anterior.**

Comentario: ¿Incluye este objetivo la ley de Lenz para determinar el sentido de la corriente? No lo tengo claro. La frase “saber resolver problemas muy sencillos” es difícil de interpretar. El problema que propongo ¿es muy sencillo? Me ha extrañado la diferencia entre el redactado del objetivo T801 (que indica claramente que el estudiante ha de ser capaz de calcular la intensidad inducida) y este (que sólo habla de resolución de problemas muy sencillos).

T801 **Conocer la ley experimental de Faraday**, distinguiendo claramente entre fuerza electromotriz inducida y corriente inducida. Calcular la intensidad inducida en un circuito mediante un campo magnético variable, y saber aplicarla para la resolución de problemas básicos.

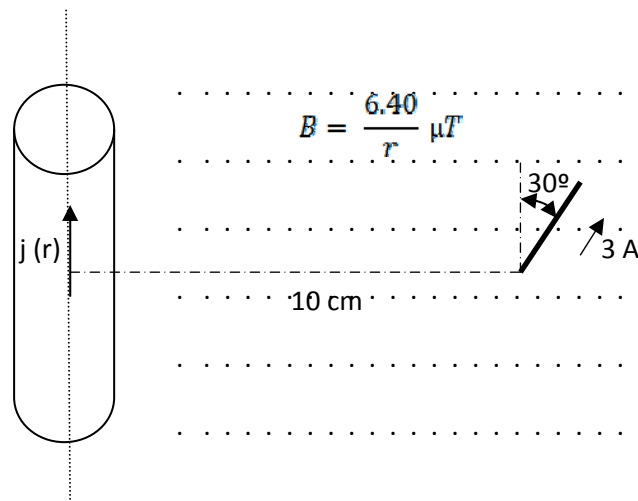
Comentario: El cálculo de la corriente inducida en circuitos en movimiento no deja de ser una aplicación de la ley de Faraday.

T602 **Conocer descriptivamente la forma de calcular el campo magnético creado por una corriente eléctrica sobre un circuito filiforme por superposición del campo creado por cada uno de sus elementos de corriente (Ley de Biot y Savart).**

Comentario: Entiendo que dentro del concepto “conocer” se incluye saber determinar la dirección del campo magnético creado por una corriente (necesario en este apartado para determinar el sentido de la corriente en la espira según la ley de Lenz).

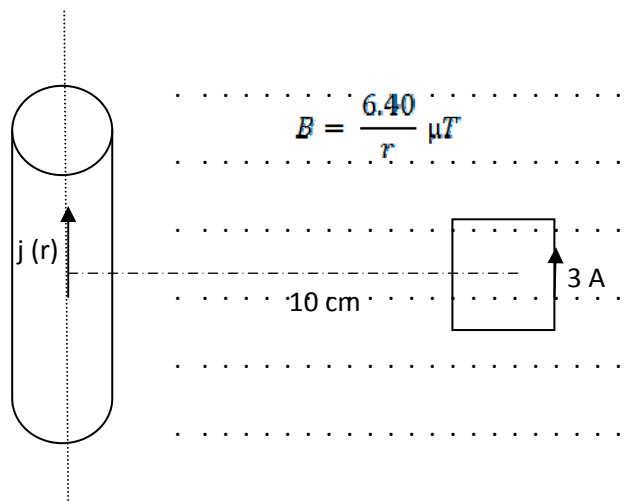
- 1) Un segmento de cable de 3 cm de longitud que transporta una corriente de 3 A se encuentra en el interior del campo magnético creado por un hilo y que vale $6.40/r$ μT , donde r es la distancia al eje del hilo. El segmento de cable forma un ángulo de 30° con el eje del hilo, y el extremo del segmento más próximo al hilo está situado a una distancia de 10 cm del eje del mismo. El hilo, infinitamente largo y de radio a , transporta una densidad de corriente dada por la expresión

$$j(r) = \frac{2 I_0}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] \quad (A m^{-2})$$



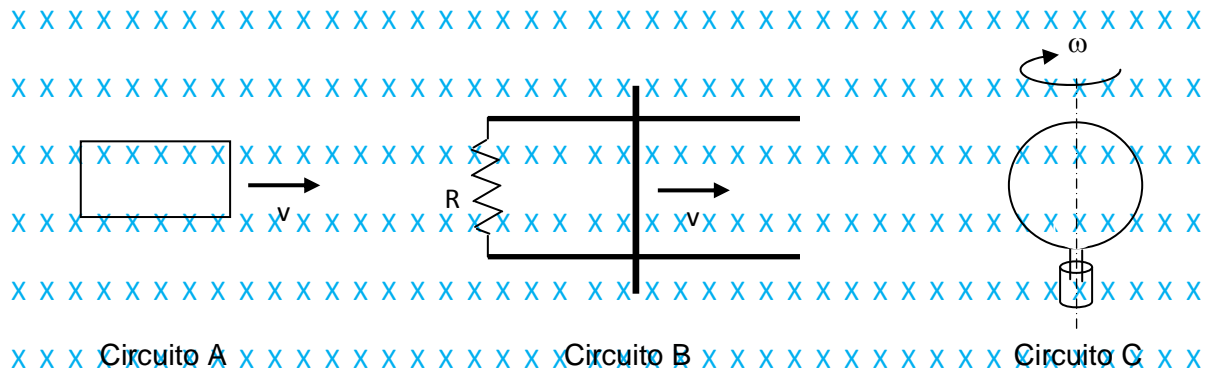
- Utilizar la ley d'Ampère para calcular el valor de la constante I_0 . Se debe indicar claramente la trayectoria elegida y justificar que se cumplen en la trayectoria las condiciones necesarias para poder calcular el campo magnético mediante la ley d'Ampère.
- Calcular la fuerza que el hilo ejerce sobre el segmento de cable.

Se sustituye el segmento de cable por una espira cuadrada de 3 cm de lado por la que circula una corriente de 3 A y cuyo centro se encuentra a 10 cm del eje del hilo.



- Calcular la inductancia mutua entre el hilo y la espira.

2) En el seno de un campo magnético uniforme y constante B que ocupa todo el espacio se encuentran tres circuitos. El circuito A está formado por una espira rectangular de superficie S que se mueve a una velocidad constante v , el circuito B consta de una barra de longitud l que se desliza sin rozamiento sobre dos raíles también a una velocidad constante v y el circuito C está formado por una espira circular de radio a que gira a una velocidad angular constante ω . La interacción entre los tres circuitos es despreciable.



- Para cada uno de los circuitos indicar, justificándolo, si generan corriente eléctrica o no y, en caso afirmativo, si se trata de una corriente continua o alterna.
- Si $B = 0.8 \text{ T}$, $v = 10 \text{ m s}^{-1}$, $l = 20 \text{ cm}$ y $R = 2 \ \Omega$, calcular la intensidad de la corriente generada en el circuito B, indicando, justificándolo, el sentido de la misma.

2. Comentarios de los profesores de la asignatura a la prueba externa recibida

A continuación se transcriben los comentarios que los profesores de la asignatura enviaron al profesor externo

RELACIÓN DE OBJETIVOS

En conjunto el ejercicio nos parece realizable por nuestros estudiantes, lo que ya es un logro. No obstante te proponemos un cambio en uno de los apartados, para adaptarlo mejor a lo que hemos explicado. (No obstante, recabamos la opinión de Concha Bueno sobre la conveniencia o no de realizar cambios, respecto a la validez de la prueba.)

Ejercicio 1

Apartado a

T501 Conocer la descripción de la corriente eléctrica, tanto en función de la cantidad escalar y global intensidad de corriente I , como de la cantidad vectorial y local densidad de corriente eléctrica.

Comentario: En este apartado hay que calcular la corriente a partir de la densidad de corriente. No tengo muy claro que esto corresponda a este objetivo. (Creo que si) ok

T604 Saber utilizar la Ley de Ampère, en forma integral, para el cálculo de campos magnéticos con simetría suficiente (hilos rectilíneos, solenoides muy largos y toroides).

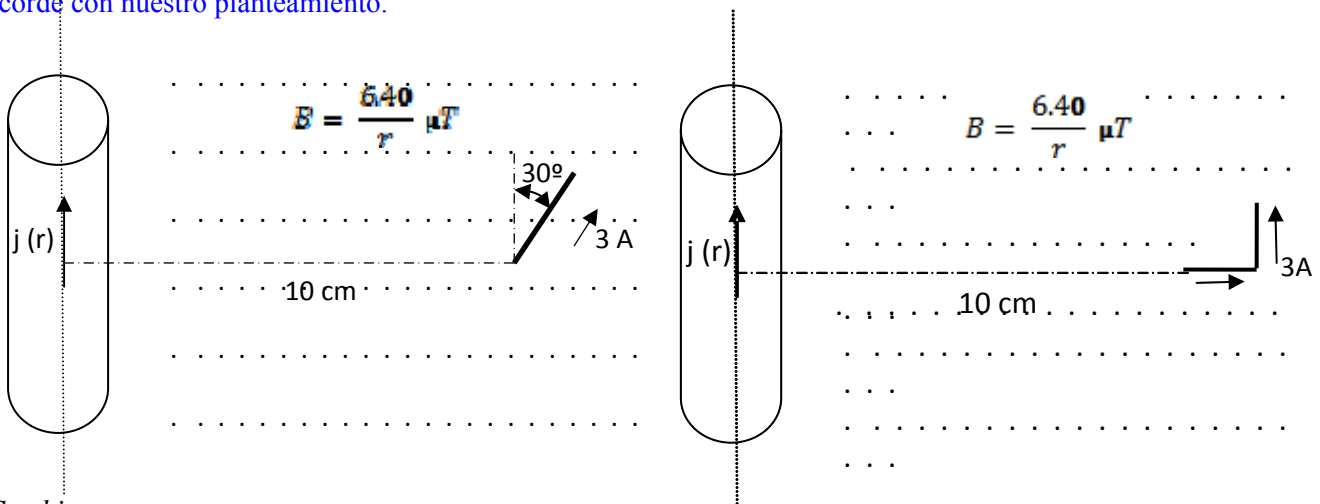
Comentario: Un hilo de corriente con una densidad de corriente no uniforme no incumple ninguno de los requisitos establecidos en el objetivo, aunque requiere integrar en cilíndricas. ok

Apartado b

T605 Saber calcular la fuerza ejercida por un campo magnético sobre circuitos muy sencillos (hilos o espiras filiformes) por los que circula corriente eléctrica, por integración directa de la expresión $dF = Idl \times B$

Comentario: Calcular la fuerza con un campo magnético no constante en el hilo no incumple ninguno de los requisitos establecidos en el objetivo, aunque es un problema con un nivel de dificultad medio tirando a alto.

En este apartado creemos que puede despistar excesivamente a nuestros alumnos el cable colocado con un cierto ángulo, ya que no hemos hecho ningún ejercicio parecido. Sugerimos cambiar el hilo, por otro con dos tramos rectos formando un ángulo recto en las direcciones de los ejes. Es un problema de dificultad equivalente pero más acorde con nuestro planteamiento.



Cambiar esto por

⇒

esto otro

Mi preocupación es pensar si este cambio puede desvirtuar la prueba. Se lo mando también a Concha Bueno para que nos de su opinión.

Apartado c

T803 Entender los conceptos de autoinducción e **inducción mutua. Saber resolver problemas sencillos.**

Comentario: Aunque está incluido en este objetivo y también en los T801 y T802, creo que sería aconsejable tener un objetivo relacionado con el cálculo de flujos magnéticos. La frase “saber resolver problemas sencillos” es difícil de interpretar. Calcular el flujo magnético de un campo no constante es un problema sencillo? Con lo que hemos dado puede calcularse.

Ejercicio 2

Apartado a

T802 **Conocer la posibilidad de generar corrientes eléctricas por movimiento de un circuito en un campo magnético constante.** Tener capacidad de resolución de problemas muy sencillos basados en lo anterior.

Comentario: Entiendo que dentro del concepto “conocer” se incluye saber determinar cuando un circuito en movimiento genera corriente y cuando no. ¿También incluye saber si la corriente generada será continua o alterna? Si, OK.

T801 **Conocer la ley experimental de Faraday,** distinguiendo claramente entre fuerza electromotriz inducida y corriente inducida. Calcular la intensidad inducida en un circuito mediante un campo magnético variable, y saber aplicarla para la resolución de problemas básicos.

Comentario: Entiendo que dentro del concepto “conocer” se incluye saber que para generar corriente el flujo magnético debe variar con el tiempo y si esta variación es constante la corriente generada es continua. OK

Apartado b

T802 Conocer la posibilidad de generar corrientes eléctricas por movimiento de un circuito en un campo magnético constante. **Tener capacidad de resolución de problemas muy sencillos basados en lo anterior.**

Comentario: ¿Incluye este objetivo la ley de Lenz para determinar el sentido de la corriente? No lo tengo claro. La frase “saber resolver problemas muy sencillos” es difícil de interpretar. El problema que propongo ¿es muy sencillo? Me ha extrañado la diferencia entre el redactado del objetivo T801 (que indica claramente que el estudiante ha de ser capaz de calcular la intensidad inducida) y este (que sólo habla de resolución de problemas muy sencillos). Si, OK

T801 **Conocer la ley experimental de Faraday,** distinguiendo claramente entre fuerza electromotriz inducida y corriente inducida. Calcular la intensidad inducida en un circuito mediante un campo magnético variable, y saber aplicarla para la resolución de problemas básicos.

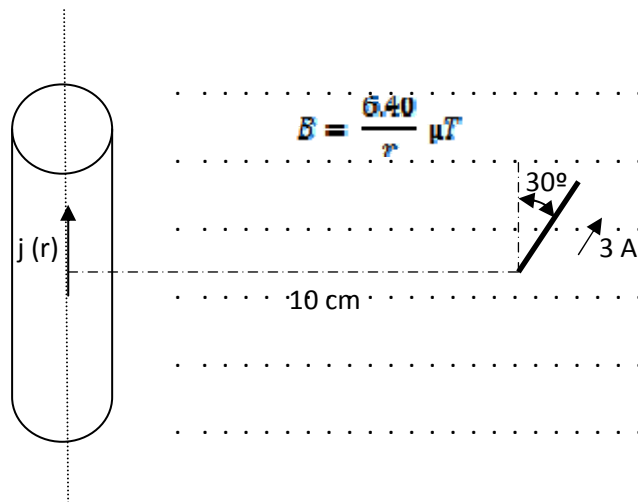
Comentario: El cálculo de la corriente inducida en circuitos en movimiento no deja de ser una aplicación de la ley de Faraday. OK

T602 **Conocer descriptivamente la forma de calcular el campo magnético creado por una corriente eléctrica sobre un circuito filiforme por superposición del campo creado por cada uno de sus elementos de corriente (Ley de Biot y Savart).**

Comentario: Entiendo que dentro del concepto “conocer” se incluye saber determinar la dirección del campo magnético creado por una corriente (necesario en este apartado para determinar el sentido de la corriente en la espira según la ley de Lenz). OK

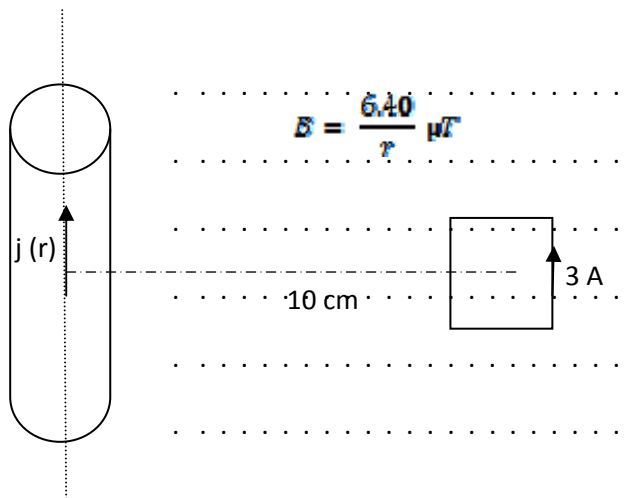
- 1) Un segmento de cable de 3 cm de longitud que transporta una corriente de 3 A se encuentra en el interior del campo magnético creado por un hilo y que vale $6.40/r$ μT , donde r es la distancia al eje del hilo. El segmento de cable forma un ángulo de 30° con el eje del hilo, y el extremo del segmento más próximo al hilo está situado a una distancia de 10 cm del eje del mismo. El hilo, infinitamente largo y de radio a , transporta una densidad de corriente dada por la expresión

$$j(r) = \frac{2 I_0}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] \text{ (A m}^{-2}\text{)}$$



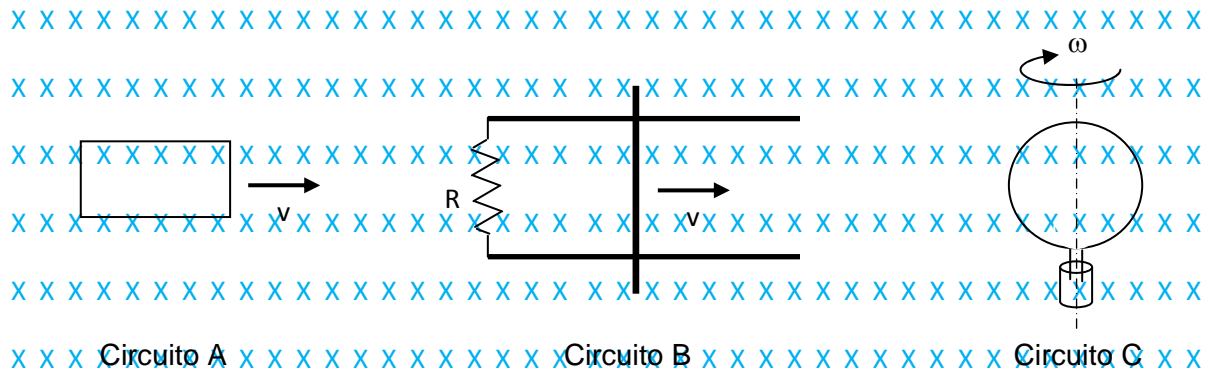
- Utilizar la ley d'Ampère para calcular el valor de la constante I_0 . Se debe indicar claramente la trayectoria elegida y justificar que se cumplen en la trayectoria las condiciones necesarias para poder calcular el campo magnético mediante la ley d'Ampère.
- Calcular la fuerza que el hilo ejerce sobre el segmento de cable.

Se sustituye el segmento de cable por una espira cuadrada de 3 cm de lado por la que circula una corriente de 3 A y cuyo centro se encuentra a 10 cm del eje del hilo.



- Calcular la inductancia mutua entre el hilo y la espira.

2) En el seno de un campo magnético uniforme y constante B que ocupa todo el espacio se encuentran tres circuitos. El circuito A está formado por una espira rectangular de superficie S que se mueve a una velocidad constante v , el circuito B consta de una barra de longitud l que se desliza sin rozamiento sobre dos raíles también a una velocidad constante v y el circuito C está formado por una espira circular de radio a que gira a una velocidad angular constante ω . La interacción entre los tres circuitos es despreciable.



- a) Para cada uno de los circuitos indicar, justificándolo, si generan corriente eléctrica o no y, en caso afirmativo, si se trata de una corriente continua o alterna.
- b) Si $B = 0.8 \text{ T}$, $v = 10 \text{ m s}^{-1}$, $l = 20 \text{ cm}$ y $R = 2 \ \Omega$, calcular la intensidad de la corriente generada en el circuito B, indicando, justificándolo, el sentido de la misma.

3. Prueba externa final

Aquí se incluye como quedó la prueba final y el cambio en los resultados de aprendizaje pedido por el profesor externo para realizar el cambio.

PROPUESTA DE EXAMEN (versión 2)

Ejercicio 1 , Apartado b

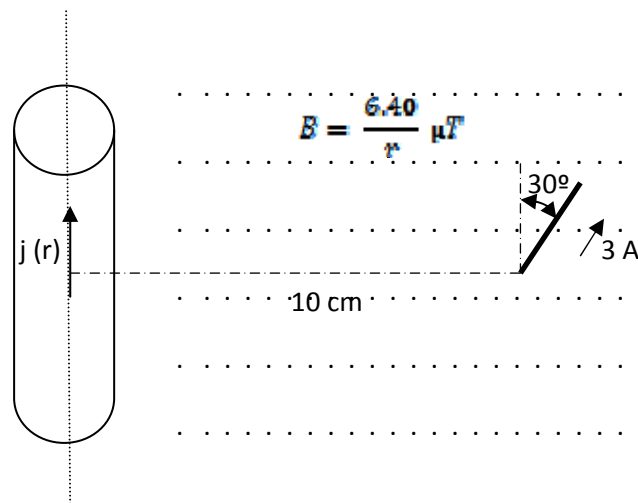
Objetivo original:

T6O5 Saber calcular la fuerza ejercida por un campo magnético sobre circuitos muy sencillos (hilos o espiras filiformes) por los que circula corriente eléctrica, por integración directa de la expresión $d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$

Pregunta propuesta:

- 1) Un segmento de cable de 3 cm de longitud que transporta una corriente de 3 A se encuentra en el interior del campo magnético creado por un hilo y que vale $6.40/r$ μT , donde r es la distancia al eje del hilo. El segmento de cable forma un ángulo de 30° con el eje del hilo, y el extremo del segmento más próximo al hilo está situado a una distancia de 10 cm del eje del mismo. El hilo, infinitamente largo y de radio a , transporta una densidad de corriente dada por la expresión

$$j(r) = \frac{2 i_0}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] \text{ (A m}^{-2}\text{)}$$



- b) Calcular la fuerza que el hilo ejerce sobre el segmento de cable.

COMENTARIO PROFESORES: En este apartado creemos que puede despistar excesivamente a nuestros alumnos el cable colocado con un cierto ángulo, ya que no hemos hecho ningún ejercicio parecido. Sugerimos cambiar el hilo, por otro con dos tramos rectos formando un ángulo recto en las direcciones de los ejes. Es un problema de dificultad equivalente pero más acorde con nuestro planteamiento

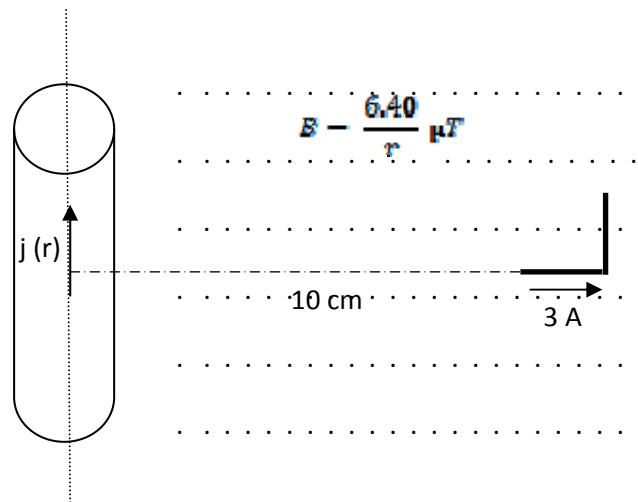
Nuevo redactado objetivo:

T6O5 Saber calcular la fuerza ejercida por un campo magnético sobre circuitos muy sencillos (hilos o espiras filiformes), por los que circula corriente eléctrica, con las magnitudes vectoriales involucradas coincidentes con los vectores unitarios, cartesianos o cilíndricos, por integración directa de la expresión $d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$.

Nueva propuesta de pregunta:

- 2) Un segmento de cable, formado por dos tramos rectos de 3 cm de longitud cada uno de ellos que forman un ángulo recto, transporta una corriente de 3 A y se encuentra en el interior del campo magnético creado por un hilo y que vale $6.40/r$ μT , donde r es la distancia al eje del hilo. El extremo del segmento más próximo al hilo está situado a una distancia de 10 cm del eje del mismo. El hilo, infinitamente largo y de radio a , transporta una densidad de corriente dada por la expresión

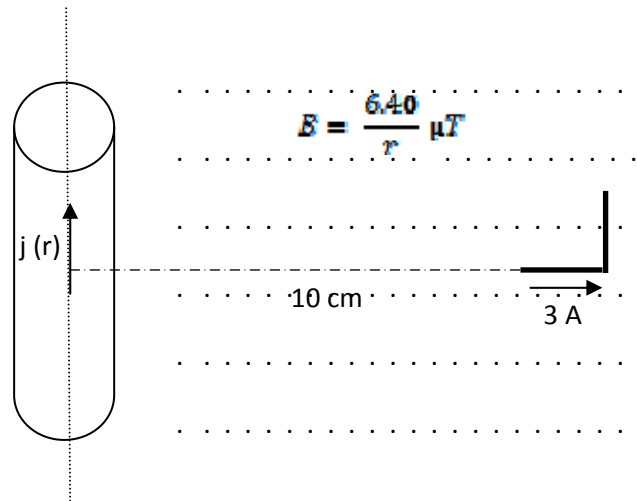
$$j(r) = \frac{2 I_0}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] \text{ (A m}^{-2}\text{)}$$



- b) Calcular la fuerza que el hilo ejerce sobre el segmento de cable.

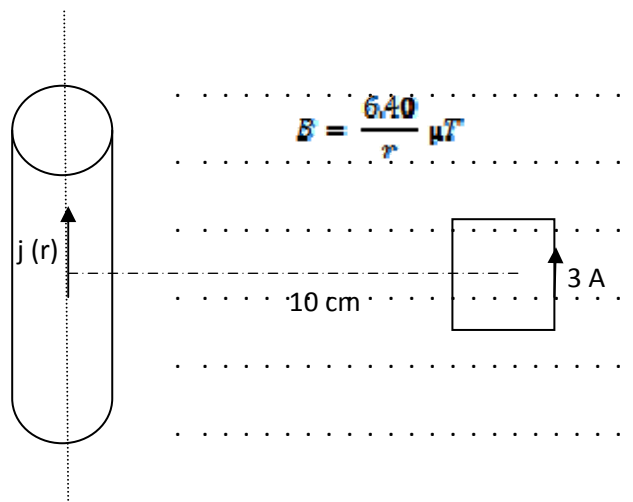
- 1) Un segmento de cable, formado por dos tramos rectos de 3 cm de longitud cada uno de ellos que forman un ángulo recto, transporta una corriente de 3 A y se encuentra en el interior del campo magnético creado por un hilo y que vale $6.40/r$ T, donde r es la distancia al eje del hilo. El extremo del segmento más próximo al hilo está situado a una distancia de 10 cm del eje del mismo. El hilo, infinitamente largo y de radio a , transporta una densidad de corriente dada por la expresión

$$j(r) = \frac{2 I_0}{\pi a^2} \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] \text{ (A m}^{-2}\text{)}$$



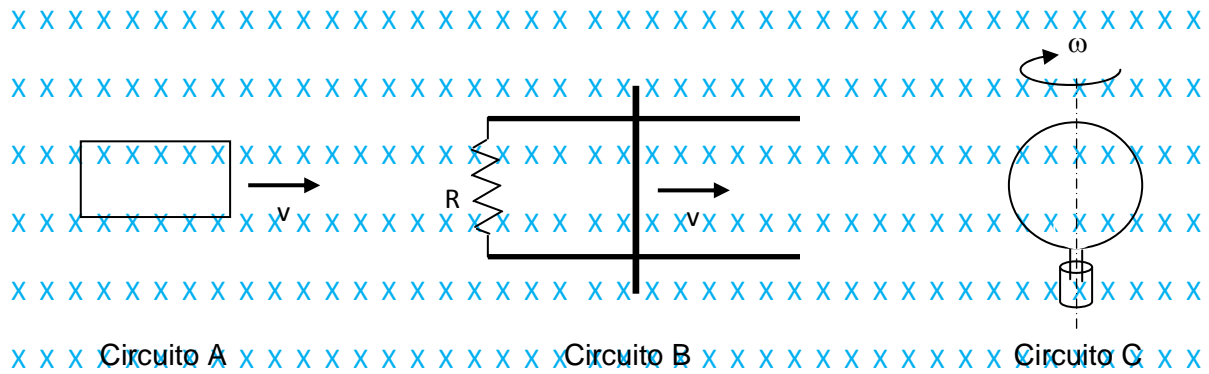
- Utilizar la ley d'Ampère para calcular el valor de la constante I_0 . Se debe indicar claramente la trayectoria elegida y justificar que se cumplen en la trayectoria las condiciones necesarias para poder calcular el campo magnético mediante la ley d'Ampère.
- Calcular la fuerza que el hilo ejerce sobre el segmento de cable.

Se sustituye el segmento de cable por una espira cuadrada de 3 cm de lado por la que circula una corriente de 3 A y cuyo centro se encuentra a 10 cm del eje del hilo.



- Calcular la inductancia mutua entre el hilo y la espira.

2) En el seno de un campo magnético uniforme y constante B que ocupa todo el espacio se encuentran tres circuitos. El circuito A está formado por una espira rectangular de superficie S que se mueve a una velocidad constante v , el circuito B consta de una barra de longitud l que se desliza sin rozamiento sobre dos raíles también a una velocidad constante v y el circuito C está formado por una espira circular de radio a que gira a una velocidad angular constante ω . La interacción entre los tres circuitos es despreciable.



- Para cada uno de los circuitos indicar, justificándolo, si generan corriente eléctrica o no y, en caso afirmativo, si se trata de una corriente continua o alterna.
- Si $B = 0.8 \text{ T}$, $v = 10 \text{ m s}^{-1}$, $l = 20 \text{ cm}$ y $R = 2 \ \Omega$, calcular la intensidad de la corriente generada en el circuito B, indicando, justificándolo, el sentido de la misma.

Anexo III: Prueba Total realizada

Este Anexo contiene la prueba total realizada por los estudiantes. Además se incluye una relación de resultados de aprendizaje que cubre y que no cubre la prueba.

Asignatura: Electricidad y electrometría (Especialidad Electrónicos)

Centro: EUITIZ

Grupos: G 71, G 72 y G 73

Segundo parcial; Fecha de realización: 3 de junio de 2010

COMPETENCIAS QUE ACREDITA QUIEN SUPERA LA PRUEBA

G1 Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico (Nivel básico)

G2 Capacidad para aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo (Nivel básico)

E1 Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales del electromagnetismo, y su aplicación para la resolución de problemas propios de la Ingeniería.

E2 Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la Ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral. (Nivel básico.)

RESULTADOS DE APRENDIZAJE QUE ACREDITA QUIEN SUPERA LA PRUEBA

R11 Utiliza adecuadamente el sistema internacional de unidades y sabe escribir las unidades de las magnitudes de forma correcta.

RG1 Utiliza las leyes fundamentales del electromagnetismo en problemas básicos en ingeniería.

R2C1 Conoce la ley de Ohm local como la relación entre dos campos vectoriales y la sabe aplicar al cálculo de resistencias eléctricas usando la ecuación de continuidad en su forma integral.

Comentario: Se ha evaluado con una pregunta muy simplificada

R2C3 Conoce el origen de los campos magnéticos a partir de la corriente eléctrica y sabe aplicar la ley de Ampère en su forma integral para calcular los campos magnéticos de circuitos básicos (hilos indefinidos solenoides y toroides.)

R2C4 Conoce el origen de fuerzas y pares de fuerzas en conductores contenidos en campos magnéticos y sabe aplicar las expresiones a circuitos básicos (hilos rectilíneos y espiras).

Comentario: No se ha evaluado la capacidad de calcular pares, pero sí de fuerza.

R2C5 Calcula los flujos magnéticos a través de espiras y bobinas, y sabe calcular la fuerza electromotriz mediante la ley de Faraday en su forma integral.

R2C7 Sabe calcular el coeficiente de autoinducción e inducción mutua en conductores con geometrías sencillas.

Resultados de aprendizaje que no se han evaluado en la prueba

R12 Sabe manejar la instrumentación básica de un laboratorio eléctrico/electrónico (polímetro, generador DC y generador de señales).

R2C2 Conoce la ley de Joule y sus consecuencias en la reducción del rendimiento de los sistemas eléctricos.

R2C6 Sabe utilizar el ciclo de histéresis de los materiales ferromagnéticos y conoce las consecuencias tecnológicas de la no linealidad.

R2C8 Sabe calcular la energía eléctrica y la energía magnética acumuladas en sistemas electromagnéticos, así como la potencia disipada en un conductor, tanto a partir de la autoinducción o de la resistencia, como directamente partir de los campos.

Comentario: El resultado R12 ha sido evaluado en prueba práctica complementaria.

Nota: Los ejercicios 2P Ej2 y 2P Ej 4 corresponden a una prueba externa a nuestra universidad

RELACIÓN DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS CUBIERTOS CON LA PRUEBA

Ejercicio 2p- 1

Apartado a)

T6O1 Conocer que el origen de los campos magnéticos está en las corrientes eléctricas.
T6O3 Entender el significado físico de las líneas de campo magnético.
T704 Conocer la extensión de la ley de Ampere, en forma integral, a medios materiales y en concreto su expresión en función del vector intensidad de campo magnético y de las corrientes reales.
T705 Ser capaz de resolver problemas de geometrías simples con dieléctricos (hilos y solenoides indefinidos y toroides) mediante la ley de Ampere en forma integral.

Apartado b)

T704 Conocer la extensión de la ley de Ampere, en forma integral, a medios materiales y en concreto su expresión en función del vector intensidad de campo magnético y de las corrientes reales.
T705 Ser capaz de resolver problemas de geometrías simples con dieléctricos (hilos y solenoides indefinidos y toroides) mediante la ley de Ampere en forma integral.
T703 Saber que la imanación de un material puede representarse mediante corrientes equivalentes, y caracterizarse mediante el vector magnetización, o densidad volúmica de momento dipolar.
T706 Conocer la relación local entre los vectores B, M y H. Susceptibilidad y permeabilidad magnética.
T707 Distinguir los distintos tipos de materiales en cuanto a sus propiedades magnéticas.

Apartado c)

T501 Conocer la descripción de la corriente eléctrica, tanto en función de la cantidad escalar y global intensidad de corriente I, como de la cantidad vectorial y local densidad de corriente eléctrica.
T502 Entender la ecuación de continuidad, en forma integral, como expresión matemática de la conservación de la carga en un volumen cualquiera. Ser capaz de aplicarla en casos sencillos.

Ejercicio 2p- 2

Apartado a

T802 **Conocer la posibilidad de generar corrientes eléctricas por movimiento de un circuito en un campo magnético constante.** Tener capacidad de resolución de problemas muy sencillos basados en lo anterior.
T801 **Conocer la ley experimental de Faraday**, distinguiendo claramente entre fuerza electromotriz inducida y corriente inducida. Calcular la intensidad inducida en un circuito mediante un campo magnético variable, y saber aplicarla para la resolución de problemas básicos.

Apartado b

T802 Conocer la posibilidad de generar corrientes eléctricas por movimiento de un circuito en un campo magnético constante. **Tener capacidad de resolución de problemas muy sencillos basados en lo anterior.**
T801 **Conocer la ley experimental de Faraday**, distinguiendo claramente entre fuerza electromotriz inducida y corriente inducida. Calcular la intensidad inducida en un circuito mediante un campo magnético variable, y saber aplicarla para la resolución de problemas básicos.
T6O2 **Conocer descriptivamente la forma de calcular el campo magnético creado por una corriente eléctrica sobre un circuito filiforme por superposición del campo creado por cada uno de sus elementos de corriente (Ley de Biot y Savart).**

Ejercicio 2p -3

Apartados a y b

T501 Conocer la descripción de la corriente eléctrica, tanto en función de la cantidad escalar y global intensidad de corriente I , como de la cantidad vectorial y local densidad de corriente eléctrica.

T502 Entender la ecuación de continuidad, en forma integral, como expresión matemática de la conservación de la carga en un volumen cualquiera. Ser capaz de aplicarla en casos sencillos.

T503 Comprender el método a seguir para el cálculo de campos eléctricos en el interior de conductores con corrientes eléctricas, usando la ecuación de continuidad en forma integral. Ser capaz de aplicarlo a problemas con geometrías básicas (plana, cilíndrica y esférica).

T504 Entender el método de cálculo de resistencias en función de la geometría y la conductividad del material, utilizando las ecuaciones básicas en forma integral. Ser capaz de emplearlo en problemas con las geometrías básicas. (plana, cilíndrica y esférica).

T506 Comprender el concepto de fuerza electromotriz, como la causa que genera corrientes estacionarias en un medio conductor, cuyo origen ha de ser distinto al de las fuerzas electrostáticas.

T508 Conocer descriptivamente los fundamentos básicos de la conducción en semiconductores y superconductores y sus principales aplicaciones prácticas.

T608 Conocer en qué consiste el efecto Hall y sus principales aplicaciones prácticas. Saber resolver problemas básicos con B constante en todos los puntos del sensor.

Ejercicio 2p -4

Apartado a

T501 Conocer la descripción de la corriente eléctrica, tanto en función de la cantidad escalar y global intensidad de corriente I , como de la cantidad vectorial y local densidad de corriente eléctrica.

T604 Saber utilizar la Ley de Ampère, en forma integral, para el cálculo de campos magnéticos con simetría suficiente (hilos rectilíneos, solenoides muy largos y toroides).

Apartado b

T605 Saber calcular la fuerza ejercida por un campo magnético sobre circuitos muy sencillos (hilos o espiras filiformes) por los que circula corriente eléctrica, por integración directa de la expresión $dF = Idl \times B$

Apartado c

T803 Entender los conceptos de autoinducción e inducción mutua. Saber resolver problemas sencillos.

Lista de objetivos que no evalúa esta prueba

T507 Conocer descriptivamente el mecanismo de conducción en metales.

T606 Entender como un campo magnético origina pares de fuerzas en circuitos con corrientes y conocer descriptivamente que en este principio se fundamentan numerosas aplicaciones prácticas: galvanómetros analógicos, motores eléctricos, altavoces.

T607 Saber resolver problemas de pares de fuerzas muy simples a partir de la definición del momento dipolar magnético.

T701 Conocer descriptivamente el hecho experimental de que el flujo de B a través de cualquier superficie cerrada es nulo y sus implicaciones respecto a la no existencia de polos magnéticos aislados.

T702 Entender que el origen del magnetismo en la materia está en las corrientes creadas por el movimiento de los electrones en torno a sus núcleos.

T708 Conocer descriptivamente la relación no lineal y dependiente de la historia anterior, para los vectores B y H , en materiales ferromagnéticos.

T804 Conocer la expresión de la energía magnética en función del campo magnético y de la autoinducción. Saber aplicarla a problemas básicos.

T805 Interpretar la aparición de corrientes parásitas (o de Foucault) en sólidos conductores que están en presencia de campos magnéticos variables, utilizando la ley de Faraday y Lenz.

PARTE I

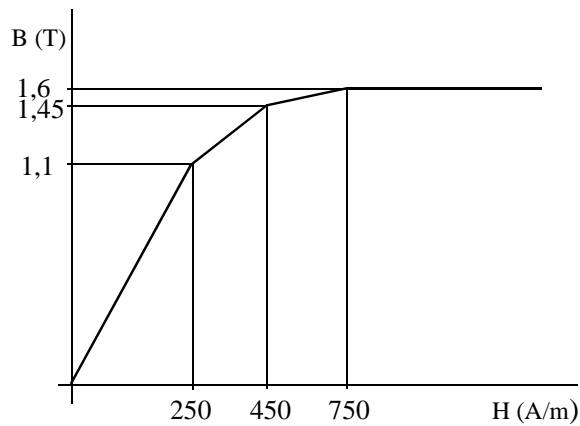
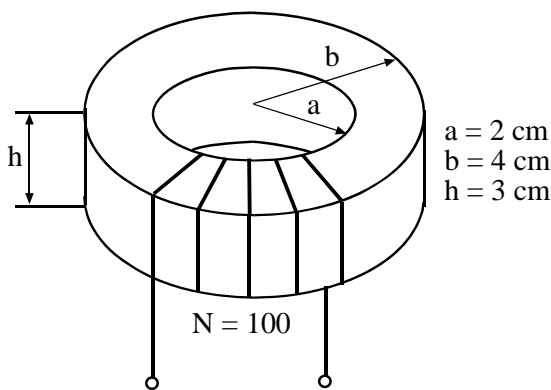
2P_1.- Disponemos de un toroide de material ferromagnético, cuyas dimensiones se indican en la figura. La curva $B = f(H)$ se puede aproximar a la indicada en la gráfica. Sobre el toroide se dispone de un bobinado de $N = 100$ espiras.

a) Calcular la corriente máxima que deberá circular por el bobinado para que todos los puntos del toroide trabajen en la zona lineal de la curva magnética y calcular permeabilidad relativa μ_r cuando trabaja en dicha zona lineal.

b) Calcular la intensidad de campo (H_m) y la magnetización (M_m) en la trayectoria media del toroide (es decir para $R_m = \frac{a+b}{2}$), cuando por el bobinado circule una corriente de 0,2 A (se supone que trabaja en la zona lineal).

c) Calcular el diámetro del hilo de cobre si queremos que la densidad de corriente máxima no supere los 2 A/mm^2 . Considerar que disponemos de los siguientes diámetros en mm normalizados de hilo de cobre:

0,05 – 0,1 – 0,15 – 0,2 – 0,25 – 0,3 – 0,35 – 0,4 – 0,45 – 0,5 – 0,6 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 1 – 1,1 – 1,2 – 1,3 – 1,4 – 1,5 – 1,6 – 1,7 – 1,8 – 1,9 – 2 – 2,1 – 2,2 – 2,3 – 2,4 – 2,5 – 2,6 – 2,7 – 2,8 – 2,9 – 3.



PARTE II

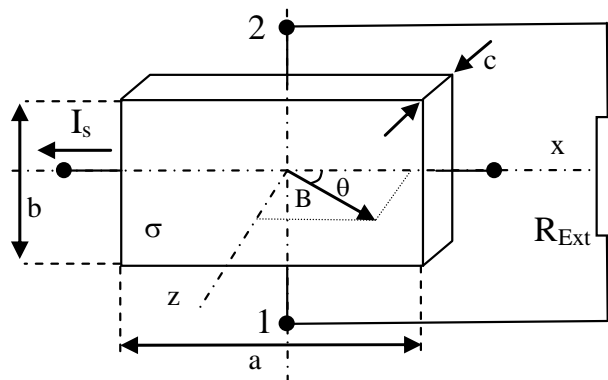
2P_3.- Disponemos un sensor de efecto Hall, construido con semiconductor tipo N (portadores mayoritarios negativos), en presencia de un campo \mathbf{B} constante, en el plano OXZ, formando un ángulo θ con el eje X, según indica la figura.

a) Calcular la resistencia R_{eq} del generador que aparece en la lámina debido al efecto Hall y la fuerza electromotriz en la lámina debida al efecto Hall indicando cual es el terminal positivo.

b) Calcular la diferencia de potencial $V_2 - V_1$ y la corriente que circula por la resistencia externa R_{ext} .

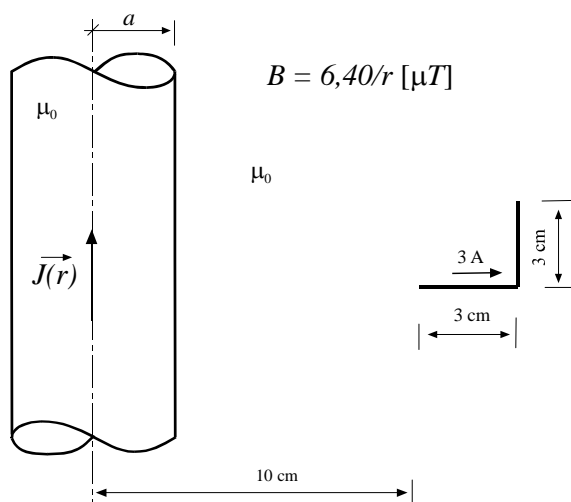
Datos: $B = 0,9 \text{ T}$; $\theta = \pi/3$; $a = 2 \text{ cm}$; $b = 1 \text{ cm}$; $c = 0,3 \text{ cm}$; $\sigma = 0,333 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$; $I_s = k_{I_s} \cdot |\vec{v}|$ con $k_{I_s} = 0,117 \text{ C/m}$; $I_s = 30 \text{ mA}$; $R_{ext} = 1,5 \text{ k}\Omega$.

Aclaración: La velocidad de los portadores libres de carga habitualmente es proporcional a la corriente que se hace circular por el sensor I_s . En los datos se da la constante de proporcionalidad que relaciona dicha velocidad con I_s .



2P_4.- Un segmento de cable, formado por dos tramos rectos de 3 cm de longitud cada uno de ellos que forman un ángulo recto, transporta una corriente de 3 A y se encuentra en el interior del campo magnético creado por un hilo y que vale $B = 6,40 / r$ [μT], donde r [m] es la distancia al eje del hilo. El extremo del segmento más próximo al hilo está situado a una distancia de 10 cm del eje del mismo. El hilo, infinitamente largo y de radio $a = 2$ mm, transporta una densidad de corriente dada por la expresión

$$J(r) = \frac{2 I_0}{\pi a^2} \cdot \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] \left[\frac{A}{m^2} \right]$$

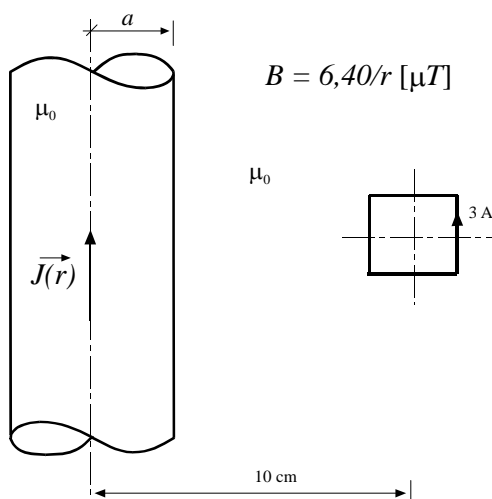


a) Utilizar la ley d'Ampère para calcular el valor de la constante I_0 . Se debe indicar claramente la trayectoria elegida y justificar que se cumplen en la trayectoria las condiciones necesarias para poder calcular el campo magnético mediante la ley d'Ampère.

b) Calcular la fuerza que el hilo ejerce sobre el segmento de cable.

Se sustituye el segmento de cable por una espira cuadrada de 3 cm de lado por la que circula una corriente de 3 A y cuyo centro se encuentra a 10 cm del eje del hilo.

c) Calcular la inductancia mutua entre el hilo y la espira.



Anexo IV Resultados de la prueba

Asignatura en la que se realizó:

Electricidad y electrometría (Especialidad Electrónicos)

Grupos PID: G 71 y G 73

Grupo tradicional: G 72

Ámbito: Contenidos del segundo parcial

Fecha de realización: 3 de junio de 2010

Descripción de la prueba:

La prueba total consistió en cuatro ejercicios aplicados. Se dividió en dos partes, con dos ejercicios en cada una, de dos horas de duración con un descanso intermedio de 15 minutos. En total costaba de diez apartados equivaluados.

Dos ejercicios (el 1 y el 3) con cinco puntos fueron propuestos por profesores de la asignatura y los otros dos (el 2 y el 4), de otros cinco puntos, fueron propuestos por un profesor de otra universidad a partir de los resultados de aprendizaje de la asignatura.

La nota oficial de los estudiantes en la prueba fue la total correspondiente a los cuatro ejercicios. No obstante en este informe se desglosan otros cálculos por cuestiones de análisis de los resultados de la prueba.

Resultados:

a) La prueba oficial

Los estudiantes presentados a la prueba en total fueron 60 distribuidos en los tres grupos. En la tabla 1 se muestran los resultados para la prueba oficial (los cuatro ejercicios y 10 puntos en total):

Examen segundo parcial	G71				G73				G72				Total
	Número	%_Apr_pres	%_Apr_insc	%_Apr_Matr	Número	%_Apr_pres	%_Apr_insc	%_Apr_Matr	Número	%_Apr_pres	%_Apr_insc	%_Apr_Matr	Num total
Nº total matr al grupo oficial	35				44				35				114
Nº inicial de inscritos	31				26				35				
Nº de presentados al 2º parcial	23		74,2	65,7	25		96,2	56,82	12		34,3	34	60
Nº Apr. examen (Not > 4,7)	11	47,8	35,5	31,4	16	64	61,5	36,36	10	83,3	28,6	29	37
Nº Apr. convoc 2º parc	15	65,2	48,4	42,9	20	80	76,9	45,45	10	83,3	28,6	29	45

Tabla 1: Presentados y aprobados en cada uno de los grupos de docencia en los que se realizó la prueba.

Leyenda

%Apr_pres: Porcentaje de alumnos que aprueban frente a presentados.

%Apr_insc: Porcentaje de alumnos que aprueban frente a inscritos.

%Apr_Matr: Porcentaje de alumnos que aprueban frente matriculados.

Notas:

Los estudiantes de los grupos G 71 y G73 siguieron un procedimiento de aprendizaje activo y cooperativo (PID) mientras que los del G 73 un procedimiento tradicional basado en clases magistrales (TR).

Para los estudiantes del grupo tradicional la nota de la convocatoria (última fila) era la del examen mientras que para los de los grupos PID la nota de la convocatoria es el máximo entre la nota del examen y $0,6 \cdot (\text{Nota actividades de clase}) + 0,4 \cdot (\text{Nota de examen})$.

El número de inscritos en los grupos PID son los estudiantes que al principio de cuatrimestre se apuntaron voluntariamente para seguir el procedimiento, mientras que en el grupo

tradicional son los estudiantes oficialmente matriculados. Estos resultados presentados gráficamente:

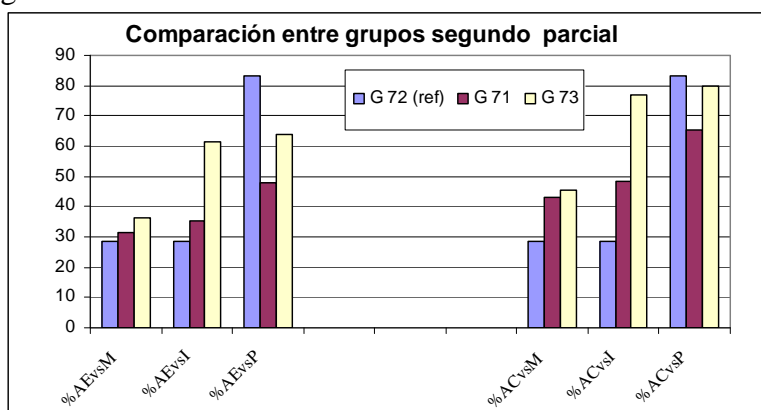


Figura 1: Presentados y aprobados en cada uno de los grupos de docencia en los que se realizó la prueba.

Leyenda

- %AEvsM: Porcentaje de alumnos que aprueban el examen del segundo parcial frente a matriculados.
- %AEvsI: Porcentaje de alumnos que aprueban el examen del segundo parcial frente a inscritos.
- %AEvsP: Porcentaje de alumnos que aprueban el examen del segundo parcial frente a presentados.
- %ACvsM: Porcentaje de alumnos que aprueban la convocatoria del segundo parcial frente a matriculados.
- %ACvsI: Porcentaje de alumnos que aprueban la convocatoria del segundo parcial frente a inscritos.
- %ACvsP: Porcentaje de alumnos que aprueban la convocatoria del segundo parcial frente a presentados.

Comparativa con años anteriores:

El porcentaje de aprobados en el examen frente presentados respecto a años anteriores es el siguiente: G 71 46 %, 53 % en años anteriores y 48 % éste y G 73 62 % en años anteriores y 64 % este año, así que esencialmente los dos grupos PID mantienen sus porcentajes respecto a años anteriores. El G 72 presenta un 30 % y 40 % de aprobados en años anteriores y un 83 % este año, mejorando claramente, aunque en número de presentados respecto a matriculados es bajo en comparación a otros años (34 % este año frente a 47 % en años anteriores) El porcentaje de presentados frente a matriculados es mucho mayor en los grupos PID (60 % este año, que es superior a los anteriores ~ 50 %).

Grado de dificultad del examen

El grado de dificultad efectivo del examen habitualmente lo medimos a través del promedio de notas obtenidos por los estudiantes presentados al mismo. Estos resultados se resumen en tabla 2.

		Ej 1	Ej2	Ej 3	Ej 4	Total
	Al_Pr/Pmax	3	2	2	3	10
% Nota total		67,1	65,7	47,0	30,1	51,7
Promedio total	60	2,01	1,31	0,94	0,90	5,17
Promedio TR_72	12	2,30	1,50	0,90	1,00	5,70
Promedio ID	48	1,94	1,27	0,95	0,88	5,04
Prom_ID_71	23	1,90	1,20	0,70	0,70	4,50
Prom_ID_73	25	1,98	1,33	1,18	1,04	5,53

Tabla 2: Resultados sobre dificultad de cada ejercicio y total del examen

Leyenda:

- En la primera fila de datos numéricos están las puntuaciones máximas de cada ejercicio
- En la primera columna numérica el número de presentados en cada categoría.
- % Nota final: Porcentaje de la nota final
- Promedio total: Promedio de la nota de todos los grupos
- Promedio TR: Promedio de la nota del grupo tradicional: G72
- Promedio ID: Promedio de la nota de grupos PID: G71 73

Se observa que los ejercicios 1 y 2 son de dificultad comparable inferior a la media del examen (obteniendo los estudiantes un 65 % de la nota total disponible). El primero es interno y de tres puntos (propuesto por los profesores de la asignatura) y el segundo externo, de dos puntos (propuesto por el profesor de otra universidad). El ejercicio 4 (externo y 3 puntos) ha resultado el más difícil ya que solo alcanza el 30 % de la puntuación total, seguido del ejercicio 3 (interno de 2 puntos) que consigue un 47 % de la nota total. Además, en este caso, se hizo al final de la prueba una pequeña encuesta donde se preguntaba a los estudiantes sobre la dificultad del examen en su conjunto y de cada uno de los ejercicios por separado. El resultado fue el siguiente:

Electricidad y Electrometría

Primera convocatoria. Prueba segundo parcial. Encuesta sobre dificultad de los ejercicios
 Curso 0910
Fecha: 03-jun-10 **Nº Encuestas** 55

Nº Pregunta	Opciones	Resul- tados	%	Figura	Resumen	
					Respuestas	Dificultad promedio
1. La dificultad, en conjunto, del examen que acabo de realizar me ha parecido	Muy Grande	5	9,1		53	-
	Grande	27	49,1			
	Adecuada	21	38,2			
	Baja	0	0,0			
	Nula	0	0,0			
2. Casifica la dificultad (5 dificultad máxima y 1 mínima) para el Ej 1 del segundo parcial	1	3	5,5		53	2,8
	2	16	29,1			
	3	23	41,8			
	4	10	18,2			
	5	1	1,8			
3. Casifica la dificultad (5 dificultad máxima y 1 mínima) para el Ej 2 del segundo parcial	1	5	9,1		55	2,8
	2	15	27,3			
	3	26	47,3			
	4	7	12,7			
	5	2	3,6			
4. Casifica la dificultad (5 dificultad máxima y 1 mínima) para el Ej 3 del segundo parcial	1	0	0,0		55	4,0
	2	2	3,6			
	3	15	27,3			
	4	25	45,5			
	5	13	23,6			
5. Casifica la dificultad (5 dificultad máxima y 1 mínima) para el Ej 4 del segundo parcial	1	0	0,0		55	4,8
	2	1	1,8			
	3	0	0,0			
	4	20	36,4			
	5	34	61,8			

Tabla 3: Precepción por parte de los estudiantes de la dificultad al final de la prueba.

Se observa que coincide plenamente la apreciación sobre la dificultad de los distintos ejercicios por parte de los estudiantes al final de la prueba con los resultados objetivos que alcanzaron en ellos.

Valoración global:

Cuando se observan los resultados de la prueba oficial y se comparan con los de años anteriores no se obtiene ninguna diferencia relevante. Por ello podría concluirse que sus resultados en conjunto son equivalentes a los de los años anteriores.

b) Disgregando los resultados de la prueba externa y la interna

Para continuar el análisis de resultados disgregaremos los resultados correspondientes a la parte interna de la prueba (ejercicios 1 y 3) y los que corresponden a la prueba externa (ejercicios 2 y 4). Si tenemos en cuenta ambas pruebas como independientes y aplicamos los mismos criterios de evaluación que en la prueba oficial obtenemos los siguientes resultados.

2º parcial prueba interna	G71				G73				G72				Total
	Número	%_Apr._pres	%_Apr._insc	%_Apr._Matr	Número	%_Apr._pres	%_Apr._insc	%_Apr._Matr	Número	%_Apr._pres	%_Apr._insc	%_Apr._Matr	
Nº total matr al grupo oficial	35				44				35				114
Nº inicial de inscritos	31				26				35				
Nº de presentados al 2º parcial	23		74,2	65,7	25		96,2	56,82	12		34,3	34	60
Nº Apr. examen (Not > 4,7)	15	65,2	48,4	42,9	19	76	73,1	43,18	9	75,0	25,7	26	43
Nº Apr. convoc 2º parc	16	69,6	51,6	45,7	20	80	76,9	45,45	9	75,0	25,7	26	45

2º parcial prueba externa	G71				G73				G72				Total
	Número	%_Apr._pres	%_Apr._insc	%_Apr._Matr	Número	%_Apr._pres	%_Apr._insc	%_Apr._Matr	Número	%_Apr._pres	%_Apr._insc	%_Apr._Matr	
Nº total matr al grupo oficial	35				44				35				114
Nº inicial de inscritos	31				26				35				
Nº de presentados al 2º parcial	23		74,2	65,7	25		96,2	56,82	12		34,3	34	60
Nº Apr. examen (Not > 4,7)	5	21,7	16,1	14,3	9	36	34,6	20,45	6	50,0	17,1	17	20
Nº Apr. convoc 2º parc	6	26,1	19,4	17,1	12	48	46,2	27,27	6	50,0	17,1	17	24

Tabla 4: Presentados y aprobados en cada uno de los grupos de docencia disgregando datos entre prueba externa e interna. (ver leyenda de páginas anteriores)

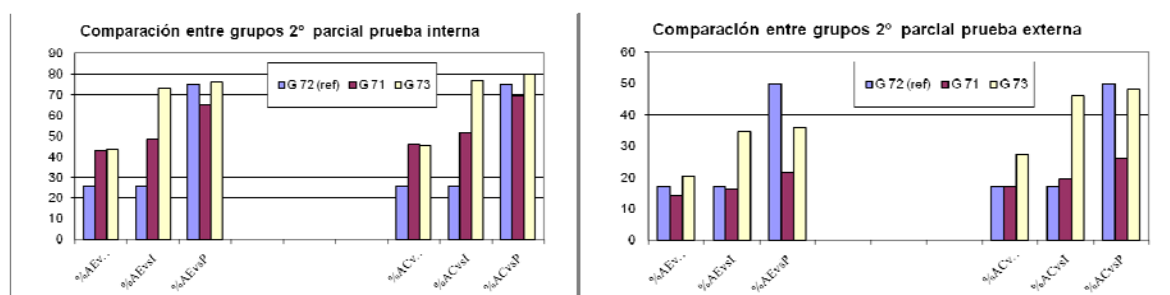


Figura 2: Presentados y aprobados en cada uno de los grupos de docencia disgregando datos entre prueba externa e interna. (ver leyenda de páginas anteriores).

Dificultad de cada una de las pruebas:

Cuando se disgregan los resultados se observa que la prueba interna obtiene una puntuación promedio sobre 10 puntos de 5,9 puntos, mientras que la prueba externa obtiene una puntuación de 4,42 puntos. Esta diferencia produce una diferencia muy significativa en el número de aprobados que se dobla en una prueba respecto a la otra.

Valoración:

Reflexionando sobre las diferencias observadas no encontramos una causa evidente. Los resultados de aprendizaje que evalúa la prueba externa se consideran adecuados y expresados claramente (pueden verse en el anexo III).

Las actividades de clase se consideran adecuadas para la preparación de los estudiantes para la prueba. En anexo V se muestran los ejercicios realizados en clase que se consideran más significativos para la preparación para la misma. En consecuencia no se alcanza una causa clara para explicar las diferencias observadas.

Entre las distintas hipótesis explicativas se barajan las siguientes:

Que la redacción del ejercicio 4 en un estilo distinto al de los profesores de la asignatura haya resultado decisivo para que los estudiantes obtengan peores resultados.

Que al disgregar los datos en dos bloques de 5 puntos, la prueba interna tiene tres puntos en un ejercicio de dificultad inferior a la media, mientras que la externa tiene tres puntos en un ejercicio de dificultad superior a la media. Para intentar homogeneizar más los resultados de ambas pruebas se realiza un nuevo análisis en el que se valoran igual los dos problemas de ambas pruebas

b) Disgregando los resultados de la prueba externa y la interna de forma homogeneizada

En este nuevo análisis se normalizan los dos problemas de tres puntos de cada una de las pruebas a dos puntos. De forma que ahora las dos pruebas están valoradas sobre 4 puntos (luego se convierten las puntuaciones a una sobre 10 puntos). Con este nuevo sistema de puntuación obtenemos los siguientes resultados:

2º parcial prueba interna homogeneizada	G71				G73				G72				Total
	Número	%_Apr._pres	%_Apr._insc	%_Apr._Matr	Número	%_Apr._pres	%_Apr._insc	%_Apr._Matr	Número	%_Apr._pres	%_Apr._insc	%_Apr._Matr	
Nº total matr al grupo oficial	35				44				35				114
Nº inicial de inscritos	31				26				35				
Nº de presentados al 2º parcial	23		74,2	65,7	25		96,2	56,82	12		34,3	34	60
Nº Apr. examen (Not > 4,7)	12	52,2	38,7	34,3	20	80	76,9	45,45	9	75,0	25,7	26	41
Nº Apr. convoc 2º parc	16	69,6	51,6	45,7	20	80	76,9	45,45	9	75,0	25,7	26	45

2º parcial prueba externa homogeneizada	G71				G73				G72				Total
	Número	%_Apr._pres	%_Apr._insc	%_Apr._Matr	Número	%_Apr._pres	%_Apr._insc	%_Apr._Matr	Número	%_Apr._pres	%_Apr._insc	%_Apr._Matr	
Nº total matr al grupo oficial	35				44				35				114
Nº inicial de inscritos	31				26				35				
Nº de presentados al 2º parcial	23		74,2	65,7	25		96,2	56,82	12		34,3	34	60
Nº Apr. examen (Not > 4,7)	8	34,8	25,8	22,9	11	44	42,3	25	9	75,0	25,7	26	28
Nº Apr. convoc 2º parc	9	39,1	29,0	25,7	15	60	57,7	34,09	9	75,0	25,7	26	33

Tabla 5: Presentados y aprobados en cada uno de los grupos de docencia disgregando datos entre prueba externa e interna de forma homogeneizada. (ver leyenda de páginas anteriores)

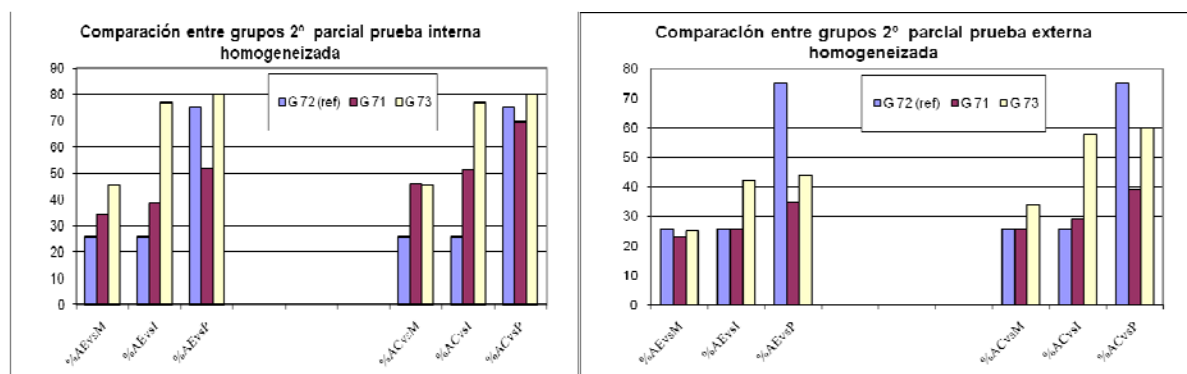


Figura 3: Presentados y aprobados en cada uno de los grupos de docencia disgregando datos entre prueba externa e interna homogeneizada. (ver leyenda de páginas anteriores).

Dificultad de cada una de las pruebas homogeneizada:

Cuando se disgregan los resultados de la forma homogeneizada explicada anteriormente se observa que la prueba interna obtiene una puntuación promedio sobre 10 puntos de 5,7

puntos, mientras que la prueba externa obtiene una puntuación de 4,8 puntos. Esta diferencia aunque se reduce respecto al caso anterior todavía causa una diferencia apreciable en el número de aprobados pasando de 41 aprobados en la prueba interna a 28 en la externa. Solo el G72 (tradicional) mantiene el mismo número de aprobados en ambas pruebas.

Valoración:

El hecho de que en las pruebas homogeneizadas el grupo tradicional iguale el porcentaje de aprobados en ambas pruebas, mientras que los grupos PID siguen teniendo un índice bastante menor de aprobados con la prueba externa podría avalar la hipótesis de que la redacción es más importante para los estudiantes que basan su aprendizaje en las actividades de clase. De todas formas es difícil concluir ya que son pocos los alumnos involucrados en el G 72.

Conclusión:

Existe alguna diferencia significativa entre las preguntas realizadas en la prueba externa y las realizadas en la prueba interna en cuanto a la dificultad que encuentran los estudiantes para su realización.

La diferencia no se justifica ni por la falta de adecuación de las preguntas a los resultados de aprendizaje buscados, ni por la falta de relación entre las actividades de clase y los resultados de aprendizaje.

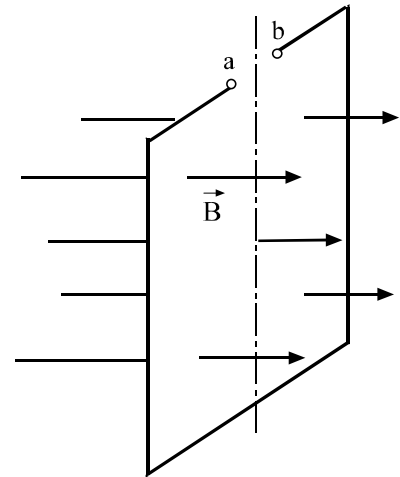
La única hipótesis verosímil hasta el momento para explicar esta diferencia es la diferente redacción de las preguntas entre ambas pruebas. Esta hipótesis está por verificar.

Anexo V: Ejercicios realizados en clase relacionados con los problemas del parcial de la prueba externa

Respecto al ejercicio 2:

EJERCICIO 1: (TEMA 8, PROBLEMA 1)

Se coloca una bobina de N espiras planas, cada una de ellas de área S , en un campo magnético, de manera que su superficie sea perpendicular a la dirección del vector inducción magnética \vec{B} . Esta dirección permanece constante y está definida por el vector \vec{B}_0 , pero el módulo y sentido de \vec{B} varían periódicamente con el tiempo de la forma $\vec{B} = \vec{B}_0 \sin(\omega t)$.

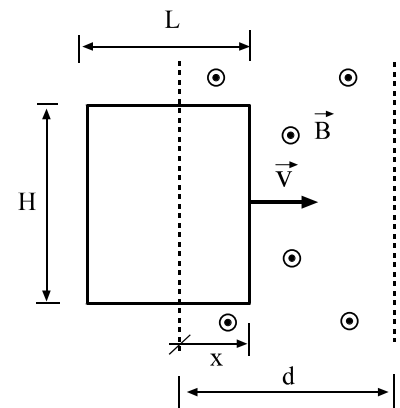


a) Supuesto la bobina cortocircuitada, calcular la f.e.m. inducida en ella, indicando claramente el sentido de circulación de la corriente en cada instante. Calcular el valor eficaz de la f.e.m. inducida.

b) Si dejamos la bobina en circuito abierto calcular $V_a - V_b$. Hacer un dibujo comparativo de $V_a - V_b$ y el flujo por la bobina en función del tiempo.

Datos numéricos: $B_0 = 0,58 \text{ T}$, $\omega = 50\pi \text{ rad/s}$, $N = 85$, $S = 700 \text{ cm}^2$.

EJERCICIO 2: Tema 8, Pb 4.- Una espira rectangular de resistencia R , de anchura H y longitud L , se mueve con velocidad constante \vec{v} a través de una región de espesor $d > L$ en la cual hay un campo \vec{B} uniforme perpendicular a la espira. Se pide:

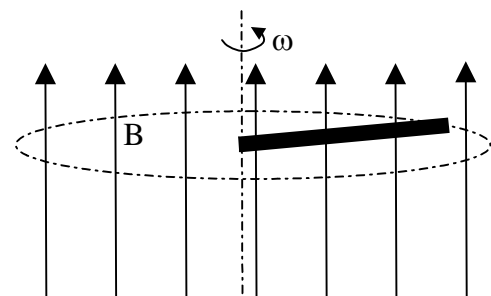


a) Calcular el flujo del vector \vec{B} , Φ_B , a través de la espira en función de x .

b) Calcular y representar gráficamente la corriente eléctrica que circula en la espira en función de x , indicando el sentido de circulación.

5. TEMA 8, PROBLEMA 7 (PREVIAMENTE SE HACE EN TEORÍA EL DE LA BARRA MOVIÉNDOSE LINEALMENTE)

Una varilla metálica de longitud $L = 1 \text{ m}$, gira alrededor de un eje que pasa por uno de sus extremos y es perpendicular a la varilla, con una velocidad $\vec{\omega} = 12 \vec{u}_z \text{ [rad/s]}$. El plano de rotación de la varilla es perpendicular a un campo magnético uniforme $\vec{B} = 0,3 \vec{u}_z \text{ [Wb}\cdot\text{m}^2]$. Calcular la f.e.m. inducida entre los extremos de la varilla, indicando claramente su polaridad.



Respecto al ejercicio 4:

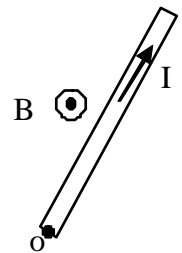
EJERCICIO 2: (T8 – Pb 14)

ENUNCIADO: El vector densidad de corriente eléctrica, \vec{J} , a lo largo de un cable conductor de radio $R = 5 \text{ cm}$, recto, de longitud infinita, rodeado de aire (μ_0), es paralelo al eje del conductor, y su módulo varía linealmente con la distancia al eje de la forma

$$|\vec{J}| = J_0 \frac{r}{R}; \quad R = 0,05 \text{ m}; \quad J_0 = 3,82 \cdot 10^3 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

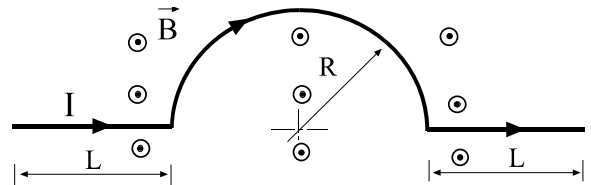
La permeabilidad del material conductor es constante de valor $\mu = 350 \mu_0$. Calcular la energía magnética, para un tramo de longitud $h = 3 \text{ m}$, asociada únicamente al volumen del cable.

2. Para la barra de la figura, de longitud L , por la que circula corriente I en la dirección marcada, calcular el momento de fuerzas o par, respecto al origen "o".



EJERCICIO 1: (Tema 6 Pb 19)

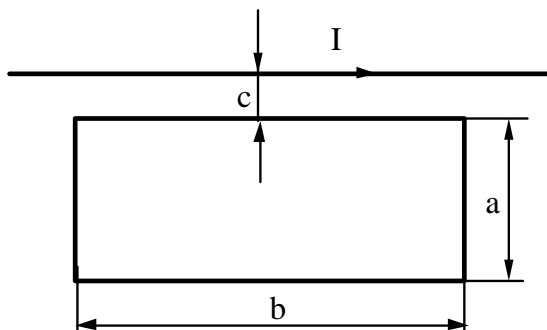
Una corriente eléctrica de intensidad I circula a lo largo de un trozo de alambre conductor, plano, con la forma indicada en la figura. El alambre se encuentra en el interior de un campo magnético uniforme \vec{B} , perpendicular al plano del alambre e independiente de I . Calcular la fuerza magnética total que actúa sobre el alambre.



DATOS: $|\vec{B}| = 0,25 \text{ T}$, $I = 15 \text{ A}$, $L = 50 \text{ cm}$, $R = 25 \text{ cm}$

EJERCICIO 3: (TEMA 8, PROBLEMA 11)

Calcular el coeficiente de inducción mutua, M , entre un alambre recto e infinito y una bobina rectangular de N espiras, lados a y b , y separada del alambre una distancia c .



Anexo VI Informe de corrección comparada entre el evaluador externo y los profesores de la asignatura

Aprovechando la colaboración del profesor externo, D. Jordi Hernández, de la UPC, que elaboró la prueba externa para nuestros estudiantes se ha hecho una comparación de corrección de 18 ejercicios de estudiantes elegidos al azar, 6 en cada uno de los grupos de docencia.

No hubo ningún criterio de corrección que fuese previamente discutido por los profesores involucrados, ni se compartió ninguna solución común previa a la corrección.

Prueba externa

Para la prueba externa actuaron como correctores, por parte de la UPC, campus Casteldefels, Departamento de teoría de señales y comunicaciones el profesor D. Jordi Hernández, corrigió los dos ejercicios.

Por parte de la UZ, los profesores del Departamento de Ingeniería Eléctrica D. Jesús Letosa y D. Antonio Usón, corrigieron los ejercicios 2p_2 y 2P_4 respectivamente.

Los resultados de la comparación pueden resumirse del siguiente modo:

	N Promedio UPC	N Promedio UZ	Dif Promedio	Dif Máxima
Ej 2P_2 (2 puntos)	1,1	1,2	0,1	0,5
Ej 2P_4 (3 puntos)	0,75	0,6	0,2	0,6
N Final Prueba (10 ptos)	3,8	3,5	0,22	1,3
N_Aprobados	4	3		
N_Apr_prueba homegenizada	8	7		

Como se deduce de la tabla anterior, no hay diferencias significativas y unas tiende a compensarse con otras en media de forma que estadísticamente el resultado es similar, como refleja el número final de aprobados en la prueba.

Conclusión:

Las diferencias observadas entre los resultados de la prueba externa y interna (analizadas en otro lugar del informe del ensayo) no pueden achacarse a la subjetividad del corrector.

No obstante tanto los correctores internos como el corrector externo están de acuerdo en que el resultado de la corrección sería más homogéneo si se hubiesen planteado previamente unos criterios de corrección, que deberían ser comunicados a los estudiantes en el momento de la realización de la prueba, para que sepa claramente como se valorará su trabajo.