



MICROONDAS, ELECTROMAGNETISMO Y RADIACIÓN: Compatibilidad Electromagnética

Énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

**ESPACIO ACADÉMICO: MICROONDAS, ELECTROMAGNETISMO Y RADIACIÓN:
COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA**

CÓDIGO: #

- Obligatorio () : Básico () Complementario (X)
- Electivo (X) : Intrínsecas (X) Extrínsecas ()

COMPETENCIAS EN INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

NÚMERO DE CRÉDITOS: Cuatro (4)

TIPO DE CURSO: TEÓRICO: _____ PRÁCTICO: _____ TEO-PRÁC: X

Alternativas metodológicas:

Clase Magistral (X), Seminario (), Seminario – Taller (), Taller (), Prácticas (X),
Proyectos tutorados (X), Otro: _____

Justificación del Espacio Académico

Cada vez más los sistemas eléctricos, electrónicos y de comunicaciones dependen de equipos y dispositivos sensibles, que almacenan, procesan o transmiten información fundamental para el funcionamiento propio del mismo sistema y de otros sistemas adyacentes. En este sentido, el profesional en Ingeniería Eléctrica cuenta con los conocimientos necesarios para el diseño, implementación y operación de este tipo de sistemas, además tener las habilidades necesarias para el análisis de información. Sin embargo, además de este conocimiento, es fundamental que el profesional asimile y analice las posibles fuentes de perturbaciones electromagnéticas, que representan una de las principales causantes de mal funcionamiento y averías en equipos electrónicos, además de conocer sobre las principales técnicas para reducir los daños que este tipo de interferencia puede causar en los sistemas. Este es el objetivo principal del curso de Compatibilidad Electromagnética, en el cual, además de adquirir los conocimientos previamente mencionados, el estudiante aprende cómo desde la etapa de diseño se puede reducir al mínimo el riesgo de avería o daño de un equipo o sistema a causa de interferencia electromagnética, lo cual hace más eficiente el sistema y mucho más económica la solución.



JUSTIFICACIÓN

Esta asignatura describe los problemas de interferencia electromagnética presentes en nuestro entorno, principalmente en los sistemas eléctricos, equipos electrónicos y demás sistemas sensibles. Además, da las bases y criterios necesarios para diseñar equipos pensando en su funcionalidad y capacidad para evitar interferir y ser interferido electromagnéticamente.

Se describen las características de diferentes fuentes de interferencia electromagnética y su efecto en sistemas y equipos eléctricos y electrónicos. Adicionalmente, se presentan los caminos y formas de acoplamiento de estas señales dependiendo de la topología del sistema.

Se incluye el tema de armónicos, el cual se ha convertido en uno de los aspectos más importantes en el campo de calidad de energía.

Se presentan diferentes técnicas para la solución de problemas de compatibilidad electromagnética, entre las que se incluyen los principios de apantallamiento electromagnético, protecciones contra sobretensiones, filtros y sistemas de protección contra rayos.

El estudiante de esta asignatura se verá en la necesidad de emplear diferentes herramientas computacionales que le permitan plantear y analizar posible soluciones a diferentes problemas de Compatibilidad Electromagnética.

Finalmente, se tratan aspectos de la legislación, normativa y organismos implicados en los procedimientos de conformidad en el campo de compatibilidad electromagnética.

PRERREQUISITO Conocimientos previos de electromagnetismo y circuitos eléctricos. Se requiere del uso de herramientas computacionales como MATLAB y ATP.

Programación del Contenido

Proporcionar a los estudiantes de la Maestría en Ingeniería Eléctrica los principios y fundamentos de compatibilidad electromagnética, de manera que puedan utilizarlos en el análisis, diseño y solución de problemas en sistemas eléctricos y electrónicos afectados comúnmente por interferencia electromagnética.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proporcionar al estudiante una visión general, que le permita comprender el problema que supone la compatibilidad electromagnética.
- Identificar el origen y naturaleza de las principales fuentes de interferencia electromagnética.
- Adquirir los conocimientos necesarios para prevenir y solucionar los problemas a causa de descargas eléctricas atmosféricas.
- Introducir los conceptos fundamentales de armónicos y sus efectos en los sistemas eléctricos y electrónicos.
- Identificar los posibles medios de acoplamiento de las perturbaciones electromagnéticas.



- Evaluar el problema de compatibilidad electromagnética tanto desde el punto de vista de diseño de equipos eléctricos y electrónicos como de técnicas de solución y de la legislación y organismos que lo regulan.
- Adquirir la capacidad de aplicar las técnicas descritas en la asignatura para solucionar problemas de emisiones e inmunidad electromagnética.
- Adquirir la capacidad de análisis de casos prácticos y toma de decisiones sobre las diferentes alternativas de reducción de los problemas de compatibilidad electromagnética.
- Emplear herramientas computacionales para la solución de problemas de compatibilidad electromagnética.

COMPETENCIAS DE FORMACIÓN

Al finalizar el curso se espera que el estudiante haya desarrollado las siguientes competencias:

Competencias Contextuales

El conocer los principios de compatibilidad electromagnética, así como aprender a solucionar problemas de interferencia electromagnética, no solo le va a ser útil en el campo de la Ingeniería Eléctrica, sino que le permitirá proponer soluciones sencillas a problemas comunes a los que se ve expuesta la comunidad. Un ejemplo de esto es enseñar a la comunidad las medidas de seguridad y prevención que se deben tomar en caso de tormentas eléctricas.

Competencias Básicas

El estudiante estará en capacidad de abordar un problema real de compatibilidad electromagnética, interpretarlo y analizarlo, modelarlo, de manera simple o compleja dependiendo de las herramientas con las que cuente, y proponer soluciones adecuadas y funcionales para dicho problema.

Competencias Laborales

El estudiante se podrá desempeñar en cualquier área de la Ingeniería, que requiera personal con capacidad para resolver problemas de fenómenos electromagnéticos. Estará en condiciones de trabajar en las diferentes fases del proceso productivo: en el diseño, implementación, puesta en operación o mantenimiento de sistemas y equipos eléctricos y electrónicos. Puede también formar parte de empresas dedicadas exclusivamente a la solución de problemas de Compatibilidad Electromagnética.

Cognitivas (Saber)

- Conocer los conceptos básicos en los que se basa la Compatibilidad Electromagnética
- Adquirir una visión global de las interferencias electromagnéticas entre sistemas y equipos eléctricos y electrónicos



- Conocer la normativa y estándares vigentes sobre la materia

Procedimentales/Instrumentales (Saber hacer)

- Desarrollar la capacidad de identificar las fuentes de interferencias entre dispositivos eléctricos y electrónicos
- Capacidad para caracterizar y analizar las distintas interacciones electromagnéticas entre distintos sistemas
- Conocer las principales técnicas para la solución de problemas de compatibilidad electromagnética

Actitudinales (Ser)

- Valorar la importancia de los fenómenos de interferencia para el diseño de sistemas eléctricos, electrónicos y de medida
- Conocer la normativa sobre compatibilidad electromagnética en Colombia y el mundo

PROGRAMA SINTÉTICO

- I. INTRODUCCIÓN
- II. FUENTES DE INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA
- III. MEDIOS DE ACOPLAMIENTO DE EMI
- IV. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA Y NORMATIVIDAD
- V. PRÁCTICAS DE LABORATORIO

PROGRAMA DETALLADO

I. INTRODUCCIÓN (*¿Qué es la Compatibilidad Electromagnética? ¿Cómo estudiarla?*)

1. Conceptos Generales

- Conceptos usados en estudios de EMC
- Interferencia Electromagnética (EMI)
- Problemas de Compatibilidad Electromagnética (EMC)
- Unidades básicas
- Voltajes y corrientes en modo común y modo diferencial

2. Repaso de Principios de Electromagnetismo

- Ecuaciones de Maxwell
- Teorema de Poynting
- Ondas planas
- Absorción y reflexión de ondas electromagnéticas



II. FUENTES DE INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA (¿Cuáles son las principales fuentes de Interferencia Electromagnética? ¿Qué características tienen?)

3. Transitorios Electromagnéticos

- Principios de la descarga eléctrica
- Descarga electrostática (ESD)
- La descarga Eléctrica Atmosférica (rayo)

4. Armónicos

- Armónicos de tensión
- Armónicos de corriente
- Distorsión Armónica Total (THD)
- Efectos de los armónicos en los sistemas eléctricos

5. Comportamiento no Ideal de Componentes Eléctricos

- Conductores
- Condensadores
- Inductores
- Resistores
- Transformadores
- Interruptores mecánicos

III. MEDIOS DE ACOPLAMIENTO DE EMI (¿Cómo interactúa la fuente de interferencia electromagnética con la víctima?)

6. Interferencia Electromagnética Conducida

- Sobretensiones
- Sobrecorrientes

7. Acoplamiento de Campos Electromagnéticos en Campo Lejano

- Radiación de ondas electromagnéticas
- Dipolo eléctrico
- Dipolo magnético

8. Acoplamiento de Campos Eléctricos y Magnéticos en Campo Cercano (Diafonía)

- Acoplamiento por impedancia común
- Acoplamiento capacitivo
- Acoplamiento inductivo
- Sistemas con múltiples acoplamientos

IV. SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA Y NORMATIVIDAD (¿Cómo se solucionan o reducen los problemas de Compatibilidad Electromagnética? ¿Qué dicen las normas al respecto?)

9. Principios de Protección Contra Rayos

- Distancia de atracción
- Método de la esfera rodante



- Probabilidad de impactos de rayos en una edificación
- Sistema externo de protección contra rayos
- Terminales aéreas. Bajantes. Puesta a tierra
- Tensión de paso
- Tensión de contacto
- Sistema interno de protección contra rayos

10. Apantallamiento Electromagnético

- Efectividad de apantallamiento
- Absorción
- Reflexión y múltiples reflexiones
- Apantallamiento en campo cercano y campo lejano
- Efecto de aperturas
- Apantallamiento en cables
- Impedancia de transferencia

11. Dispositivos de Protección y Filtros

- Componentes de protecciones serie y Shunt
- Tubos de descarga en gas
- Varistores
- Diodos
- Protección contra sobrecorrientes
- Coordinación de protecciones
- Filtros

12. Técnicas de Diseño

- Topología del sistema
- Control de interfases
- Sistema de Puesta a tierra
- Tierra de potencia vs. Tierra de señal vs. Tierra de protección

13. Normatividad

- Organismos implicados
- Procedimientos de evaluación de conformidad
- La marca "CE"
- Normas para EMC

14. Casos Prácticos

- Selección de casos prácticos para estudio y discusión dentro del curso

V. PRÁCTICAS DE LABORATORIO

De acuerdo con el número de asistentes al curso y la disponibilidad de los laboratorios, se desarrollarán algunas de las siguientes prácticas de laboratorio:



- Caracterización de componentes eléctricos en el dominio de la frecuencia
- Acoplamiento de campos eléctricos y magnéticos en campo cercano
- Generación de pulsos rápidos de corriente
- Impedancia de transferencia de cables
- Efectividad de apantallamiento
- Sistemas de puesta a tierra
- Dispositivos de protección contra sobretensiones, filtros y coordinación de protecciones
- Armónicos en sistemas eléctricos
- Otras propuestas a lo largo del curso

Estrategias

Se realizarán clases magistrales por parte del profesor, en las cuales se tratarán los temas correspondientes a la asignatura, se realizarán ejemplos y se resolverán las dudas que tengan los estudiantes.

Se dejarán tareas y proyectos, los cuales deberán desarrollarse empleando diferentes herramientas computacionales, para la simulación de circuitos eléctricos, transitorios electromagnéticos y campos electromagnéticos (Preferiblemente ATP y COMSOL). Además, el uso de herramientas matemáticas (p.e. Matlab) es importante para el desarrollo del curso.

Se desarrollará un proyecto a lo largo del semestre, el cual se dividirá en dos entregas de acuerdo a los periodos de evaluación de la Universidad. Como parte del proyecto se seleccionarán artículos de revistas indexadas A1, A2 y B según Publindex, que serán estudiados por grupos y discutidos posteriormente en clase.

Los estudiantes diseñarán, planearán y realizarán las prácticas de laboratorio en las cuales pondrán en práctica parte de los conocimientos adquiridos en el curso. El docente los asesorará y acompañará en la realización de esta actividad.

El curso es desarrollado fundamentalmente por el participante pero orientado por el profesor. Durante el semestre los estudiantes realizarán por lo menos tres presentaciones, dos asociadas al proyecto y una más para la exposición de los resultados obtenidos en laboratorio. Adicionalmente, como conclusión de la asignatura, los asistentes al curso deberán producir un artículo científico, el cual se base en los artículos estudiados, los proyectos desarrollados, la práctica de laboratorio y todos los aspectos tratados en el curso.

PROYECTOS ESPECÍFICOS DE CÁTEDRA

El programa es completado con las siguientes actividades:

- Conferencias magistrales
- Desarrollo de proyecto
- Presentaciones y/o exposiciones



Prácticas de laboratorio

Tipo de Curso	Horas			Horas profesor/ semana	Horas Estudiante/ semana	Total Horas Estudiante/ semestre	Créditos
	TD	TC	TA	(TD + TC)	(TD + TC +TA)	X 18 semanas	
	3	1	8	4	12	192	4

Trabajo Presencial Directo (TD): trabajo de aula con plenaria de todos los estudiantes.

Trabajo Mediado-Cooperativo (TC): Trabajo de tutoría del docente a pequeños grupos o de forma individual a los estudiantes.

Trabajo Autónomo (TA): Trabajo del estudiante sin presencia del docente, que se puede realizar en distintas instancias: en grupos de trabajo o en forma individual, en casa o en biblioteca, laboratorio, etc.)

Recursos

RECURSOS FÍSICOS REQUERIDOS:

- Disponibilidad de las Presentaciones de las clases teóricas en medio magnético.
- Ayudas audiovisuales: retroproyectores de acetatos, de filminas o diapositivas, y de presentación de imágenes de computador.
- Programas o software requeridos: MATLAB, COMSOL, ATP, otros.

BIBLIOGRAFÍA:

- Paul, Clayton R., Introduction to electromagnetic compatibility, John Wiley & Sons, cop. New York, 1992
- Christopoulos, Christos, Principles and Techniques of Electromagnetic Compatibility, CRC Press, Inc/Lewis Publishers, Florida, 2003
- Johnk, Carl, Teoría Electromagnética. Campos y Ondas, Limusa Noriega Editores, México, 1999
- Hemming, Leland, Architectural Electromagnetic Shielding Handbook, IEEE Press, New York, 1992
- Kodali, Prasad, Engineering Electromagnetic Compatibility, IEEE Press, New York, segunda edición, 2001
- Williams, Tim, EMC for product designers, Newnes, Gran Bretaña, tercera edición, 2001

RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS:

- IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, ISSN: 0018-9375



DIRECCIONES DE INTERNET:

- <http://ieeexplore.ieee.org>
- <http://ewh.ieee.org/soc/emcs/>
- http://ewh.ieee.org/r9/colombia/2006/chapters.php?lang=spa&id_chapters=12
- <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/electrical/emc/>
- http://www.conformance.co.uk/directives/ce_emc.php
- <http://www.ce-marking.org/directive-89336eec-emc.html>
- <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.dti.gov.uk/strd/emc.html>

Organización / Tiempos

Se recomienda trabajar una unidad cada cuatro semanas, trabajar en pequeños grupos de estudiantes, utilizar Internet para comunicarse con los estudiantes para revisiones de avances y solución de preguntas (esto considerarlo entre las horas de trabajo cooperativo)

Evaluación

TIPO DE EVALUACIÓN		FECHA	PORCENTAJE
PRIMERA NOTA	<ul style="list-style-type: none">• Evaluaciones parciales escritas e individuales consistentes en preguntas teóricas y/o problemas de aplicación.• Trabajos teórico-prácticos desarrollados durante el curso.	Ver calendario académico	35%
SEGUNDA NOTA	<ul style="list-style-type: none">• Evaluaciones parciales escritas e individuales consistentes en preguntas teóricas y/o problemas de aplicación.• Trabajos teórico-prácticos desarrollados durante el curso.	Ver calendario académico	35%
EXAM. FINAL	<ul style="list-style-type: none">• Trabajo de investigación o aplicación escrito en forma de "paper".• Exposición oral de 15 minutos del trabajo de investigación o aplicación.	Ver calendario académico	30%

ASPECTOS A EVALUAR DEL CURSO

El docente explicita y describe los criterios a tener en cuenta al evaluar

1. Evaluación del desempeño docente
2. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita.
3. Autoevaluación y Coevaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente.

Doctorado
en Ingeniería

<http://doctoradoingenieria.udistrital.edu.co>

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERIA

SYLLABUS

Página 10 de 10



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSE DE CALDAS

Datos Docente

Nombre:

Pregrado:

Postgrado:

Correo Electrónico: