

PROGRAMA DE ESTUDIOS: **Electrotecnia I**

PROTOCOLO

Fechas	Mes/Año
Elaboración	02 / 2005
Aprobación	
Aplicación	

Clave	6ECT01	Semestre	Sexto		
Nivel	Licenciatura	x	Maestría	Doctorado	
Ciclo	Integración		Básico	Superior	x
Colegio	H. y C.S.		C. y T.	x	C. y H.

Plan de estudios del que forma parte:
Ingeniería en Sistemas Electrónicos Industriales

Propósito(s) general(es) : En función del aprendizaje, el propósito del curso es que el estudiante:

- Comprenda el funcionamiento, los aspectos constructivos más relevantes y las aplicaciones industriales más comunes de las máquinas eléctricas estáticas y rotativas.
- Determine circuitos equivalentes que le permitan estudiar analíticamente la máquina y comprobar en el laboratorio su validez frente a diferentes estados de operación.
- Cuantifique y prediga los valores de las magnitudes eléctricas y mecánicas en distintos regímenes de funcionamiento.
- Identifique las analogías y diferencias existentes entre los diversos tipos de máquinas eléctricas rotativas en cuanto a producción de campos magnéticos, inducción de fuerzas electromotrices y generación de pares.

Carácter		Modalidad				Horas de estudio semestral (16 semanas)					
Indispensable	x	Seminario		Taller		Con Docente	Teóricas	72	Autónomas	Teóricas	36
							Prácticas	24		Prácticas	36
Optativa *		Curso		Curso-taller	x	Carga horaria semanal:		Carga horaria semestral:		72	
		Laboratorio	x	Clínica		<u>6</u> x 16 = <u>96</u>					

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Algebra Lineal (2MAT04), Algebra Vectorial (3MAT05), Electricidad y magnetismo (4FIG04), Teoría de los Circuitos (5TEC01), Teoría Electromagnética (5TEM01).	Diseño de controladores (8TEO02), Control de robots (8ARE02), Sensores y actuadores (8CIE01), Electrotecnia II (8EPE01), Sistemas de potencia (9ECT03), Conversión de la energía (9EPE02), Seguridad e instalaciones eléctricas industriales (10EPE03), Electrónica de potencia II (10EPE04).

Requerimientos para cursar la asignatura	Formulación y solución a:
	1) Ecuaciones simultáneas de forma matricial, 2) Suma de Vectores. Planteamiento de la solución y resolución a circuitos eléctricos pasivos RLC, utilizando: 1) Leyes de Kirchhoff, 2) Ley de Ohm, 3) Potencia eléctrica, 4) Análisis de Nodos, 5) Análisis de Malla. Comprensión de las leyes y principios fundamentales del electromagnetismo, incluyendo: 1) Concepto de Campos y Potenciales, 2) Campo Magnético producido por corrientes magnéticas, 3) Concepto de Corriente e Inducción, 4) Leyes de Ampere y Faraday.

Perfil deseable del profesor:	Maestría en Ingeniería o en ciencias afín a la carrera con experiencia en el análisis de Máquinas Eléctricas de corriente directa y corriente alterna, tanto a nivel teórico como práctico.
-------------------------------	---

Academia responsable del programa:	Diseñador (es):
INGENIERÍA	M.I. Adrián Miguel Castillo Sánchez, Dr. Gerardo V. Guerrero Ramírez, Dr. Sebastián Ibarra Rojas, Dr. Paul Rolando Maya Ortiz.

* Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.

Electrotecnia I (6ECT01)

1. Introducción

La asignatura de Electrotecnia I esta planteada para ofrecer a los estudiantes los conocimientos básicos sobre el funcionamiento y análisis de las máquinas eléctricas comunes en el ámbito industrial. La sustentación teórico - metodológica de este curso se basa en el análisis del proceso de conversión de la energía que se presenta en los dispositivos electromagnéticos. En particular, las máquinas eléctricas son parte importante de los sistemas industriales, esencialmente para la transformación de energía eléctrica en mecánica y/o viceversa. Así, este curso proporciona al estudiante los conocimientos teóricos y prácticos para determinar el funcionamiento de las máquinas eléctricas estáticas y giratorias en diferentes regímenes de operación.

La postura didáctica esta basada en la apropiación de los conocimientos teóricos mediante un aprendizaje significativo en el aula y, el desarrollo de habilidades motrices en el manejo y construcción de máquinas eléctricas en el laboratorio.

El curso lleva una secuencia específica de adquisición de conocimientos, en donde los temas deben desarrollarse ascendentemente. El estudio de la asignatura esta dividido en dos partes:

-Estudio de máquinas eléctricas estáticas (se trabajan los conceptos fundamentales de electromagnetismo aplicándolos al análisis de las máquinas eléctricas estáticas, concretando en el estudio del funcionamiento de los transformadores monofásicos y trifásicos).

-Estudio de máquinas eléctricas giratorias (Máquinas de Corriente Directa (CD), Máquinas Síncronas, Motores de Corriente Alterna (CA) y motores paso a paso.).

El estudio de la asignatura inicia con el estudio de los circuitos magnéticos (Tema 1), el análisis del comportamiento de los transformadores monofásicos y trifásicos, así como sus diversas conexiones (Tema 2). Posteriormente se analizan las máquinas eléctricas giratorias de Corriente Directa, tanto en su operación como motor y generador (Temas 3 y 4). Las máquinas síncronas en su operación como generador y motor se estudian en el Tema 5. Por último se estudian los motores de corriente alterna y los motores a pasos (Temas 6 y 7).

En relación a la *Aportación de la asignatura al perfil del egresado*, el estudiante adquirirá amplios conocimientos sobre la construcción y funcionamiento de las máquinas eléctricas estáticas y giratorias. Estos conocimientos se reflejan en la vida profesional como sigue:

1. Con el conocimiento de las máquinas eléctricas se logra un mejor criterio para el diseño y operación de sistemas electrónicos de potencia.
2. Para efectos de instalación y mantenimiento de un sistema eléctrico que incorpore equipo electrónico es necesario el conocimiento de los factores involucrados para efectos de puesta en servicio y establecimiento de programas integrales de mantenimiento.
3. Apoya en la investigación aplicada al control de máquinas eléctricas para la solución de problemas del entorno social.

A continuación se presentan los temas específicos que los estudiantes deben manejar con fluidez para cursar con éxito esta asignatura y las materias dentro del plan de estudios que los comprenden. Además, se proporciona una lista de asignaturas para las cuales esta asignatura es indispensable.

Anteriores	
Asignaturas	Temas
Algebra Lineal (2MAT04) 2o. Semestre	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación y solución de ecuaciones simultáneas de forma matricial.

Algebra Vectorial (3MAT05) 3er. Semestre	<ul style="list-style-type: none"> Algebra de Vectores
Electricidad y magnetismo (4FIG04) 4to. Semestre	<ul style="list-style-type: none"> Campo Magnético producido por corrientes magnéticas Par producido sobre una espira con corriente
Teoría de los Circuitos (5TEC01) 5to Semestre	<ul style="list-style-type: none"> Leyes de Kirchhoff Ley de Ohm Potencia eléctrica Análisis de Nodos Análisis de Malla Circuitos RC, RL, RLC
Teoría Electromagnética (5TEM01) 5to Semestre	<ul style="list-style-type: none"> Concepto de Campos y Potenciales Concepto de Corriente e Inducción Electromagnetica Leyes de Ampere y Faraday

Posteriores	
Asignaturas	Temas
Diseño de controladores (8TEO02) 8º. Semestre	<ul style="list-style-type: none"> Acciones básicas de control Diseño de observadores
Control de robots (8ARE02) [Módulo de especialidad: Robótica e Instrumentación]	<ul style="list-style-type: none"> Control por uniones independientes
Sensores y actuadores (8CIE01) [Módulo de especialidad: Control y Automatización]	<ul style="list-style-type: none"> Actuadores eléctricos
Electrotecnia II (8EPE01) [Módulo de especialidad: Eléctrica-Electrónica de Potencia]	<ul style="list-style-type: none"> Control de velocidad de máquinas de CD y CA
Sistemas de potencia (9ECT03) 9o. Semestre	<ul style="list-style-type: none"> Componentes de los sistema industriales de potencia
Conversión de la energía (9EPE02) [Módulo de especialidad: Eléctrica-Electrónica de Potencia]	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas magnéticos Transformadores Principios básicos de las máquinas eléctricas giratorias
Seguridad e instalaciones eléctricas industriales (10EPE03) [Módulo de especialidad: Eléctrica-Electrónica de Potencia]	<ul style="list-style-type: none"> Instalación de motores eléctricos
Electrónica de potencia II (10EPE04)	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas mecánicos de velocidad variable y controladores

[Módulo de especialidad: Eléctrica- Electrónica de Potencia]	<ul style="list-style-type: none">• Controladores electrónicos para motores de CD• Controladores electrónicos para motores trifásicos de inducción• Controladores de motores síncronos
---	--

2. Propósitos generales

El curso de Electrotecnia I establece las bases científicas y tecnológicas que permiten definir el comportamiento de las máquinas eléctricas estáticas y giratorias en diferentes estados de funcionamiento, así como sus aplicaciones generales.

En función del aprendizaje, el propósito del curso es que el estudiante:

- Comprenda el funcionamiento, los aspectos constructivos más relevantes y las aplicaciones industriales más comunes de las máquinas eléctricas estáticas y giratorias.
- Determine circuitos equivalentes que le permitan estudiar analíticamente la máquina y comprobar en el laboratorio su validez frente a diferentes estados de operación.
- Cuantifique y prediga los valores de las magnitudes eléctricas y mecánicas en distintos regímenes de funcionamiento.
- Identifique las analogías y diferencias existentes entre los diversos tipos de máquinas eléctricas giratorias en cuanto a producción de campos magnéticos, inducción de fuerzas electromotrices y generación de pares.

3. Contenidos organizados en unidades de aprendizaje

1. Características de los circuitos magnéticos

Objetivo específico: El alumno analizará el comportamiento de las variables eléctricas y magnéticas en circuitos magnéticos excitados con CD y CA.

- 1.1 Concepto de circuito magnético, leyes fundamentales y parámetros del circuito magnético.
- 1.2 Circuito Equivalente y su analogía con los circuitos eléctricos.
- 1.3 Curva de magnetización, región de operación casi-lineal y de saturación.
- 1.4 Excitación de núcleos ferromagnéticos (sin y con entrehierro) con CD.
- 1.5 Excitación de núcleos ferromagnéticos (sin y con entrehierro) con CA.
- 1.6 Potencia de excitación, pérdidas en el núcleo.
- 1.7 Energía magnética almacenada.
- 1.8 Laminación y factor de apilamiento.

2. Transformadores

Objetivo específico: Comprender, analizar y aplicar los transformadores Monofásicos y Trifásicos, sus conexiones para esquemas de distribución y suministro de la energía eléctrica.

- 2.1 Transformador ideal.
- 2.2 Transformador real.
- 2.3 Circuito equivalente en estado estacionario.
- 2.4 Transformadores Monofásicos.
- 2.5 Conexiones serie-paralelo de transformadores monofásicos.
- 2.6 Transformadores Trifásicos.
- 2.7 Conexiones de transformadores trifásicos (estrella, delta y delta abierta).

3. Generadores de Corriente Directa

Objetivo específico: Identificar los diferentes tipos de generadores de corriente directa, sus características y aplicaciones.

- 3.1 Principios de la generación de fuerza electromotriz inducida y de par electromagnético.
- 3.2 Circuito equivalente del generador.
- 3.3 Generador de excitación separada (construcción, funcionamiento y operación).
- 3.4 Generadores autoexcitados: serie, paralelo y compuesto (construcción, funcionamiento y operación).
- 3.5 Curvas características y aplicaciones de generadores.

4. Motores de corriente directa

Objetivo específico: Conocer, identificar y analizar los diferentes tipos de motores de corriente directa.

- 4.1. Circuito equivalente del motor.
- 4.2. Tipos de motores: excitación separada, serie, paralelo, compuesto (construcción, funcionamiento y operación).
- 4.3. Curvas características y aplicaciones de motores.

5. Máquinas síncronas

Objetivo específico: Conocer el funcionamiento de los motores y generadores síncronos, la regulación de sus parámetros para mantener niveles de operación adecuados.

- 5.1. Generador Síncrono: construcción, principio de funcionamiento, circuito equivalente, curva de potencia, operación en vacío y con carga, conexión al bus infinito.
- 5.2. Motor Síncrono: construcción, principio de funcionamiento, circuito equivalente, curva de potencia, operación en vacío y con carga.
- 5.3. Regulación de máquinas síncronas: velocidad, excitación, par y potencia.

6. Motores de Corriente Alterna

Objetivo específico: Comprender y analizar los principios de funcionamiento de los diversos motores de corriente alterna y sus aplicaciones específicas.

- 6.1. Motor trifásico de inducción tipo jaula: construcción, principio de funcionamiento, circuito equivalente, curva de par, operación en vacío y con carga.
- 6.2. Motor trifásico de rotor devanado: construcción, principio de funcionamiento, circuito equivalente, curva de par, operación en vacío y con carga.
- 6.3. Otros tipos de motores: universal.
- 6.4. Motores especiales: servomotores.

7. Motores Paso a Paso (Stepper motors)

Objetivo específico: Comprender y analizar los principios de funcionamiento de los motores de pasos y sus aplicaciones específicas.

- 7.1. Construcción y principio de funcionamiento.
- 7.2. Secuencias de control.
- 7.3 Aplicaciones.

4. Metodología del curso

Este curso está diseñado para ser impartido en la modalidad de CURSO – TALLER y LABORATORIO. Se propone que los temas sean abordados a través de la comprensión y apropiación de los principios de funcionamiento de las máquinas eléctricas y extender este conocimiento a las aplicaciones y análisis complejo de forma natural como resultado a la necesidad de resolver problemas prácticos.

Mediante el uso de software especializado se pretende impulsar una actitud crítica y reflexiva sobre el comportamiento de las máquinas eléctricas analizando los modelos computacionales en diferentes modos de operación, evitando riesgos innecesarios para el estudiante y el equipo de laboratorio.

Se considera fundamental la docencia impartida en el laboratorio y su coordinación con las sesiones impartidas en el aula para fomentar y reforzar la construcción de conocimiento significativo.

El estudiante desempeñará un papel activo a fin de obtener conocimientos, desarrollar procedimientos de análisis y adquirir actitudes propias de la disciplina. Lo anterior debe ser supervisado por el docente procurando que se arribe a conclusiones que contribuyan a la adquisición de conocimientos abstractos y al desarrollo de habilidades.

5. Evaluaciones

5.1 Evaluación diagnóstica

La evaluación diagnóstica se aplicará al inicio del curso para tener la certeza de que el alumno tiene los conocimientos mínimos, que son requeridos en los antecedentes, para cursar la asignatura.

- **Modalidad:** Examen escrito.
- **Criterios:**

Formulación y solución a:

- Ecuaciones simultáneas de forma matricial
- Álgebra de Vectores

Planteamiento de la solución y resolución a circuitos eléctricos pasivos RLC, utilizando:

- Leyes de Kirchhoff
- Ley de Ohm
- Potencia eléctrica
- Análisis de Nodos
- Análisis de Malla

Comprensión de las leyes y principios fundamentales del electromagnetismo, incluyendo:

- Concepto de Campos y Potenciales
- Campo Magnético producido por corrientes eléctricas
- Concepto de Inducción electromagnética.
- Leyes de Ampere y Faraday

- **Indicadores:**
 - Solución a problemas vectoriales simples: obtención de magnitud y módulo de sumas de vectores, defasamiento de vectores.
 - Obtención de los parámetros principales de un circuito eléctrico pasivo R, RL y/o RLC
 - Conocimiento y aplicación de las leyes de Coulomb, Ampere y Faraday, para la generación de fuerza electromagnética.

5.2 Evaluaciones formativas

- **No. de evaluaciones previstas:** 3

La primera evaluación formativa considera los temas 1 y 2 del temario, teniendo preponderancia el tema de transformadores, en esta evaluación el estudiante debe demostrar que conoce el funcionamiento de los transformadores y los fenómenos que se presentan en esta máquina eléctrica estática.

Se recomienda que, la segunda evaluación diagnostique los conocimientos de las unidades 3 y 4, debido a que considera máquinas eléctricas rotatorias de CD tanto como motor como generador, que conceptualmente son análogos.

Por último, la tercera evaluación cubrirá los temas 5, 6 y 7. Se busca evaluar los objetivos propuestos de las unidades.

- **Criterios**

La comprensión de los fenómenos fundamentales para la descripción del comportamiento de las máquinas eléctricas estáticas y giratorias.

El conocimiento y aplicación de herramientas matemáticas para el análisis y prever comportamientos de las máquinas en diferentes regímenes de operación.

- **Indicadores**

La capacidad de abstracción para plantear la solución a la obtención de los parámetros y variables fundamentales de las máquinas eléctricas.

Conocimiento de las herramientas de análisis para resolver problemas teóricos y prácticos relacionados con los motores y generadores eléctricos.

- **Escalas descriptivas de evaluación, para informar sobre resultados**

La escala descriptiva de evaluación es cualitativa, y nos sirve para verificar si el estudiante es capaz de organizar, establecer y expresar, en forma escrita sus conocimientos y habilidades respecto a todo lo estudiado durante el curso.

5.3 Evaluación para certificación

- **Criterios**

Evaluar los conocimientos teóricos y habilidades prácticas que el estudiante ha adquirido acerca del funcionamiento de las máquinas eléctricas.

El conocimiento y manejo de técnicas matemáticas para el análisis de máquinas eléctricas.

El conocimiento de las analogías, diferencias y ventajas de cada una de las máquinas eléctricas estudiadas en el curso.

- **Indicadores**

La habilidad y capacidad para plantear y resolver la obtención de parámetros de las máquinas eléctricas en diferentes regímenes de operación.

La experiencia de manejo de las máquinas reales, reconociendo sus aplicaciones principales, ventajas y desventajas sobre otras máquinas eléctricas.

6. Bibliografía

- **Básica**

Chapman, S. (2005). *Máquinas eléctricas*. México: Mc Graw Hill de Mexico.

Fitzgerald, A. (2004). *Máquinas eléctricas*. México: Mc Graw Hill de Mexico.

Gourishankar, V. (1995). *Conversión de energía electromecánica*. México: Alfaomega.

Kosow, I. (2000). *Máquinas eléctricas y transformadores*. México: Prentice Hall/Pearson.

- **Complementaria**

Edminister, J. (2004). *Circuitos Eléctricos*. México: Mc Graw Hill

Martin-Artajo, J. (1964). *Electrotecnia: Campos eléctricos y magnéticos*. Madrid, España: Aguilar

7. Otros recursos didácticos

- Realizar investigación documental y experimental de los temas de esta materia, como por ejemplo: Principio de generación de voltajes, efecto transformador, efecto motor, comportamiento y control de voltaje de generadores de CD, comportamiento y control de velocidad de motores de CD, regulación de transformadores, comportamiento y control de motores de inducción.
- Prácticas de campo: realizar visitas a empresas que fabriquen o apliquen en su proceso de producción máquinas eléctricas.
- Utilización de software relacionado con los temas de esta materia.
- Resolver problemas de aplicación y fomentar el desarrollo de la discusión para la solución de los mismos.
- Prácticas de laboratorio: En este punto se deben elaborar las guías de prácticas con base en los objetivos de aprendizaje de los temas. A continuación se recomiendan los temas específicos a tratar:
 1. Obtener las características de corriente y voltaje de los transformadores. Determinar la polaridad. Conexiones en serie y paralelo de transformadores.
 2. Determinar las características de los transformadores conectados en estrella y delta (corriente, voltaje, potencia).
 3. Identificar físicamente las partes de un generador o motor.
 4. Determinar las características de operación de:
 - Generador
 - Motor
 5. Formas de control de voltajes de un generador.
 6. Control de velocidad de motores de corriente directa.
 7. Características de operación y control de motores de inducción.
 8. Utilización de Software relacionado a esta materia.
 9. Video, laboratorio, prácticas de campo, recursos tecnológicos, etc.