

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Circuitos y Máquinas Eléctricas
<b>Clave de la asignatura:</b>	IBJ - 1006
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	4 – 2 – 6
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Biomédica

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Biomédico:

La capacidad de diseñar, analizar y construir circuitos eléctricos para la solución de problemas en el entorno profesional.

Simular modelos que permitan predecir el comportamiento de sistemas eléctricos o electrónicos empleando herramientas computacionales.

Conocer y aplicar los principios de funcionamiento de las máquinas eléctricas estáticas y dinámicas para el mantenimiento de los equipos biomédicos.

Analizar equipos y/o sistemas electrónicos para la solución de problemas en el entorno profesional, aplicando normas, técnicas y estándares nacionales e internacionales.

Tiene relación directa con Electromagnetismo, con los conceptos de electrostática y de carga eléctrica en el tiempo, así como con las materias de cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales y también con las leyes Faraday, Lenz, Ohm, y Kirchhoff, sin olvidar los conocimientos de sistemas lineales.

### Intención didáctica

El temario está organizado en cinco partes. En la primera, se encuentran los puntos conceptuales para conocer cada uno de los parámetros a desarrollar y la aplicación de métodos donde estos intervienen.

En el tema dos se abordan las dos técnicas más importantes del análisis de circuitos (análisis nodal y de lazos) y se estudian y aplican los teoremas generales de circuitos. Se hace énfasis en la simulación de los circuitos con programas de simulación.

En el tema tres, se consideran los elementos almacenadores de energía y se analizan los

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

circuitos de primer orden y segundo orden. Para ello, se usan señales de prueba de redes eléctricas donde la señal de entrada es una función discontinua.

En el cuarto tema se analizan los circuitos en corriente alterna en el dominio de la frecuencia.

En el quinto tema se describen los principios de funcionamiento de las máquinas eléctricas (transformadores, motores de CD y motores de CA fraccionarios), identificando los parámetros que se han de controlar para su aplicación en el área de la Ingeniería Biomédica.

El docente deberá tener las habilidades para que el estudiante comprenda y aplique correctamente las herramientas de análisis de los circuitos y aplicaciones en máquinas eléctricas y también buscará que desarrolle la capacidad para coordinar el trabajo en equipo; orientar el trabajo del estudiante y potenciar en él la autonomía, el trabajo cooperativo y la toma de decisiones. Tomará en cuenta el conocimiento de los estudiantes como punto de partida y como obstáculo para la construcción de nuevos conocimientos.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Mérida del 29 de septiembre al 1 de octubre de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Ensenada, La Paz, Mérida, Mexicali, Saltillo, San Luis Potosí, Tijuana, Pachuca y Veracruz.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Biomédica.
Instituto Tecnológico de Mérida del 1 al 3 de diciembre de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Ensenada, La Paz, Mérida, Mexicali, Pachuca, Saltillo, San Luis Potosí, Tijuana y Veracruz.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Biomédica.
Instituto Tecnológico de Mérida del 26 y 27 de octubre de 2011.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Mérida, Pachuca y San Luis Potosí.	.
Instituto Tecnológico de Hermosillo del 26 al 29 de noviembre de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Hermosillo, Mérida, Orizaba, Purhepecha, Saltillo, Tijuana.	Reunión de Seguimiento Curricular de la Carrera de Ingeniería Biomédica.

<p>Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.</p>	<p>Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.</p>
--	---	--

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<p>Aplica técnicas y métodos para analizar y resolver circuitos eléctricos de corriente directa y corriente alterna, comprobando las respuestas experimentalmente y con herramientas computacionales.</p> <p>Conoce los principios de funcionamiento de las máquinas eléctricas estáticas y dinámicas para controlar sus parámetros y establecer las aplicaciones en el área biomédica.</p>

#### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantea y resuelve problemas que requieren del concepto de función de una variable para modelar y de la derivada para resolver problemas.</li> <li>• Discierne cuál método puede ser más adecuado para resolver una integral dada y resolverla usándolo.</li> <li>• Resuelve problemas de aplicación e interpretar las soluciones utilizando matrices y sistemas de ecuaciones lineales para las diferentes áreas de la ingeniería.</li> <li>• Comprende los conceptos básicos de las leyes y principios fundamentales de la Electricidad y Magnetismo, desarrollando habilidades para la resolución de problemas y una cultura de la investigación científica.</li> <li>• Utiliza apropiadamente los instrumentos de medición y prueba, para la medición e interpretación de variables eléctricas en componentes y circuitos eléctricos.</li> <li>• Utiliza herramientas computacionales para resolver problemas de sistemas de ecuaciones lineales.</li> </ul>
---

#### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Conceptos y leyes fundamentales	1.1 Introducción a los circuitos eléctricos 1.2 Sistemas de unidades. 1.3 Carga, corriente, tensión y potencia. 1.4 Elementos de un circuito y tipos de circuitos. 1.5 Ley de Ohm y Leyes de Kirchhoff.

		<p>1.6 Análisis de circuitos de una sola trayectoria y de un par de nodos.</p> <p>1.7 Combinación de resistencias y fuentes: Serie, paralelo y transformaciones delta estrella y viceversa.</p> <p>1.8 Divisores de tensión y corriente.</p> <p>1.9 Transformación de fuentes.</p>
2	Técnicas para el análisis de circuitos	<p>2.1 Topología de redes.</p> <p>2.2 Método de nodos</p> <p>2.3 Eslabones y análisis de lazos y mallas.</p> <p>2.4 Linealidad y superposición.</p> <p>2.5 Teoremas: de Thévenin y Norton.</p> <p>2.6 Teorema de la máxima transferencia de potencia.</p>
3	Elementos almacenadores de energía y análisis de circuitos de primero y segundo orden.	<p>3.1 La inductancia y la capacitancia: Combinación de estos elementos.</p> <p>3.2 Circuito RL y RC sin fuente.</p> <p>3.3 Funciones singulares. Escalón unitario,</p> <p>3.4 Análisis de circuitos RL con fuente constante.</p> <p>3.5 La respuesta natural y la respuesta forzada.</p> <p>3.6 Análisis de circuitos RL y RC con fuentes constantes.</p> <p>3.7 Análisis de circuitos de segundo orden sin fuentes.</p> <p>3.8 Análisis de circuito de segundo orden con fuentes</p>
4	Análisis de redes de corriente alterna en estado estacionario	<p>4.1 Características de la onda senoidal: período, frecuencia, valores instantáneos y máximos.</p> <p>4.2 Potencia instantánea y media. Valor eficaz de voltaje y corriente. Concepto de factor de potencia.</p> <p>4.3 Representación y operaciones con números complejos.</p> <p>4.4 Notación fasorial y conceptos de impedancia y admitancia compleja.</p> <p>4.5 Análisis nodal y por mallas de redes eléctricas.</p>

5	Principios de máquinas eléctricas	<p>5.1 Principio de funcionamiento del transformador.</p> <p>5.2 Principio de operación del motor de corriente directa.</p> <p style="padding-left: 20px;">5.2.1 Características de los motores de corriente directa</p> <p style="padding-left: 20px;">5.2.2 Control de motores de corriente directa.</p> <p>5.3 Motores especiales.</p> <p style="padding-left: 20px;">5.3.1 Motor de pasos</p> <p style="padding-left: 20px;">5.3.2 Lineales</p> <p style="padding-left: 20px;">5.3.3 Servomotores</p> <p style="padding-left: 20px;">5.3.4 Motoreductores.</p> <p style="padding-left: 20px;">5.3.5 Micromotores</p>
---	-----------------------------------	--

### 7. Actividades de aprendizaje de los temas

<b>Conceptos y leyes fundamentales</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Analiza y aplica las leyes fundamentales de la electrodinámica para obtener los parámetros de una red eléctrica.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar, en su entorno, problemas relacionados con el análisis de circuitos.</li> <li>• Investigar en distintas fuentes los elementos que suministran y consumen energía eléctrica.</li> <li>• Verificar experimentalmente las leyes de Ohm y de Kirchhoff.</li> <li>• Investigar en diferentes fuentes de información, la naturaleza y aplicación de las fuentes dependientes.</li> <li>• Comprobar experimentalmente la equivalencia de la combinación de elementos resistivos</li> <li>• Investigar sobre la utilización de los divisores de voltaje y de corriente y fuentes equivalentes.</li> </ul>

<b>Técnicas para el análisis de circuitos</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <p>Analiza problemas de circuitos eléctricos para darles solución, empleando las técnicas de nodos, corrientes de lazo y malla y comprueba resultados con programas de simulación.</p> <p>Aplica los teoremas fundamentales de redes eléctricas para su análisis y solución.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita</li> <li>• Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar el método de nodos al análisis de circuitos en los que se incluyan casos en los que sea necesario realizar algún tipo de transformaciones de modo que esta técnica pueda ser aplicada directamente.</li> <li>• Aplicar topología de redes para determinar caminos alternativos para la obtención de las corrientes de lazo y demostrar, como caso particular, el método de mallas.</li> <li>• Verificar la solución de circuitos por diferentes métodos y técnicas, en forma práctica y utilizando software de simulación.</li> <li>• Aplicar las propiedades de los sistemas lineales y el principio de superposición en la solución de circuitos eléctricos.</li> <li>• Formar grupos de trabajo para discutir ampliamente los teoremas de Thévenin y Norton y su aplicación en la solución de problemas de análisis de circuitos.</li> <li>• Verificar experimentalmente la máxima potencia transferida por un circuito o su equivalente a un circuito externo resistivo.</li> <li>• Verificar la aplicación de los teoremas de redes eléctricas utilizando software de simulación.</li> </ul>
<b>Elementos almacenadores de energía y análisis de circuitos de primero y segundo orden.</b>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <p>Analiza y relaciona las variables eléctricas en circuitos RL y RC para interpretarlas en aplicaciones prácticas y verifica el comportamiento experimentalmente y con</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar en distintas fuentes los conceptos de inductancia y capacitancia.</li> <li>• Explicar las relaciones de tensión, corriente y energía en inductores y capacitores.</li> </ul>

<p>software de experimentación.</p> <p>Analiza circuitos de segundo orden alimentados con funciones discontinuas que incluyen condiciones iniciales, para darles solución y verifica experimentalmente y con software de simulación las respuestas.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ilustrar, mediante la solución numérica y gráfica las propiedades de la respuesta exponencial de los sistemas de primer orden, para circuitos RL y RC en carga y descarga.</li> <li>• Verificar experimentalmente y comprobar mediante software de simulación la respuesta exponencial.</li> <li>• Explicar los conceptos relacionados con sistemas de segundo orden (frecuencia natural y razón de amortiguamiento) y la relación que tienen éstos con la naturaleza de la respuesta.</li> <li>• Verificar experimentalmente y por simulación, las respuestas natural y completa, de los circuitos RLC serie y paralelo.</li> </ul>
---	---

**Análisis de redes de corriente alterna en estado estacionario**

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Analiza y aplica las técnicas adecuadas para dar solución a problemas de circuitos eléctricos excitados con corriente alterna, comprobando la solución con software de simulación.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita</li> <li>• Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los parámetros que definen a las funciones senoidales.</li> <li>• Observar en un osciloscopio un conjunto de señales de diferente frecuencia y amplitud, comentar las observaciones y sacar las conclusiones correspondientes</li> <li>• Llevar a cabo un análisis de la transformación de una función senoidal, del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, en estado estable, empleando software de simulación.</li> <li>• Investigar el concepto de fasor y representarlo gráficamente.</li> <li>• En equipos de trabajo utilizar el concepto de impedancia para generar los equivalentes de la conexión en serie y en paralelo</li> <li>• Aplicar el análisis de mallas, el análisis de nodos y hacer una reflexión acerca</li> </ul>

<p>resolver problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas</li> </ul>	<p>del uso universal de estos métodos. Se sugiere que esta actividad se realice en forma grupal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar los teoremas de redes para analizar y representar a una red eléctrica.</li> </ul>
<p><b>Principios de máquinas eléctricas</b></p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Conoce los principios de operación de las máquinas eléctricas estáticas y dinámicas para controlar sus parámetros y aplicarlas en equipos e instrumentación biomédica.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudiar y diferenciar las definiciones de campo magnético, flujo magnético, etc.</li> <li>• Analizar los principios de operación de los transformadores monofásicos.</li> <li>• Identificar la construcción del motor de CD y su funcionamiento.</li> <li>• Analizar el efecto motriz y su relación para la producción del par en los motores de CD.</li> <li>• Analizar el par de arranque de los diferentes tipos de motores de CD para la aplicación de las cargas adecuadas</li> <li>• Buscar una representación gráfica en donde aparezca un corte transversal de un motor monofásico, e investigar las partes que lo componen y las funciones que cada componente tiene en su operación</li> <li>• Elaborar un cuadro sinóptico donde aparezcan las características de los micromotores, motores de pasos, motores lineales, motoredutores y servomotores, así como sus aplicaciones.</li> </ul>

## 8. Práctica(s)

- Demostrar la ley de Ohm de manera analítica y validar los resultados empleando software de simulación, para posteriormente, realizar la comprobación experimental.
- Demostrar las leyes de Kirchhoff de manera analítica y validar los resultados empleando software de simulación, para posteriormente, realizar la comprobación experimental.
- Demostrar los teoremas de superposición, Thévenin, Norton, de máxima transferencia de potencia y reciprocidad de manera analítica y validar los resultados empleando software de simulación, para posteriormente, realizar la comprobación experimental.
- Obtener la respuesta de un circuito de primer orden (RL y RC) en forma analítica y con software de simulación.
- Obtener la respuesta de un circuito de segundo orden (RLC y LC) en forma analítica y con software de simulación.
- Medir valores máximos y eficaces de tensión y corriente.
- Determinar la relación de fase entre el voltaje de CA y la corriente de CA en un capacitor y en un inductor y determinar las reactancias inductivas y capacitivas en función de la frecuencia.
- Conexión de los transformadores como elevador y reductor
- Identificación física de los componentes del motor de corriente directa.
- Conexión de motores en corriente directa (derivación, excitación separada, serie y compuesto).
- Regulación de velocidad de motores de corriente directa.
- Regulación de velocidad de micromotores, de pasos, lineales, motoredutores y servomotores.

## 9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planté el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.

- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

## 10. Evaluación por competencias

La evaluación de la asignatura se hará con base en el siguiente desempeño:

- Evaluación de reportes de investigaciones documentales y experimentales.
- Evaluación de reportes de prácticas, con solución analítica, simulaciones y circuitos físicos.
- Revisión de tareas de los problemas asignados en forma grupal o individual.
- Evaluar con examen los conocimientos adquiridos en clase.

## 11. Fuentes de información

1. Hayt Jr, W. H., Kemmerly J. E., Durbin S. M. (2012). Análisis de Circuitos en Ingeniería. (8ª Ed). Mc. Graw Hill.
2. Irwin J. D., Nelms R. M. (2010). Basic Engineering Circuit Analysis. (10ª Ed.). John Wiley & Sons.
3. Boylestad, R. L. (2010). Introducción al Análisis de Circuitos. (12ª Ed.). Pearson. Educación de México
4. Alexander C. K., Sadiku M. N. O. (2006). Fundamentos de Circuitos Eléctricos.. McGraw Hill. Inc.
5. Dorf R. C., Svoboda J. A. (2010). Introduction to Electric Circuits. (8ª Ed.). John Wiley & Sons.
6. Karris, S. T. (2009). Circuit Analysis II with Matlab Applications. (1ª Ed.). Orchard. Publications.
7. Yang W. Y., Lee S. C. (2007). Circuit Systems with MATLAB and PSpice. Wiley.
8. Svoboda J. A. (2007). PSpice for linear circuits. John Wiley & Sons.
9. Mahmood N. y Edminister J. A. (2011). Electric Circuits. Schaum's Easy Outline of Electric Circuits. (5ª Ed.). McGraw Hill.
10. Bird, J. (2010). Electrical Circuit Theory and Technology. (4ª Ed.). Newnes.
11. Okyere A. J. (2010) PSPICE and MATLAB for Electronics (2ª Ed.). CRC.
12. Nilsson J. W., Riedel. A. S. (2009). Circuitos Eléctricos.(7ª Ed.). Prentice Hall..
13. Technology Suite. Recuperado de [http://mathonweb.com/technology\\_suite.htm](http://mathonweb.com/technology_suite.htm)
14. Transitorios eléctricos de segundo orden. Aula Moisan. Recuperado de <http://www.aulamoisan.com/software-moisan/transitorios2>
15. Gonen T. (2011). *Electrical Machines with MATLAB*. (2a. Ed.). CRC Press
16. NasarS. (1997) *Electric Machines and Electromechanics*.(2a. Ed.). McGraw Hill
17. GroosCh. A. (2006). *Electric Machines*. (1a. Ed.). CRC Press.

18. Chee- Mun O..(1997). *Dynamic Simulation of Electric Machinery Using MatLab/Simulink*. Prentice Hall.
19. Kosow, I. L. 2009. *Máquinas eléctricas y transformadores*.(1ª Ed.). Reverte
20. Fitzgerald, K., (2003) *Máquinas eléctricas*, (6a. Ed.). McGraw Hill Interamericana
21. Cathey, J. J., (2002). *Máquinas eléctricas, análisis y diseño aplicando Matlab*, McGraw Hill.
22. Krause, P., Wasynczuk O. and Scott D. (2013). *Analysis of Electric Machinery*, (3a Ed.). McGraw Hill
23. Chapman, Stephen J. (2005) *Máquinas eléctricas*. (4ª Ed.). Mc.Graw Hill.
24. E.E. Staff del M.I.T, (2009) *Circuitos magnéticos y transformadores*, Reverte
25. <http://www.crouzet.es/productos/micromotores/micromotores.htm>