

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA



PROGRAMA DE ESTUDIOS

ELECTRÓNICA DE POTENCIA I

Elaboró:	Ing. José Luís Ávila Gómez	Facultad de Ingeniería
	Dr. Giorgio Mackenzie Cruz Martínez	Facultad de Ingeniería
	Mtro. Christian Castro Martínez	Facultad de Ingeniería
Asesoría técnica:	Lic. Araceli Rivera Guzmán	Dirección de Estudios Profesionales
Fecha de aprobación:	H. Consejo Académico 10 de enero de 2022	H. Consejo de Gobierno 12 de enero de 2022

Facultad de Ingeniería



Departamento de Desarrollo Curricular

Programa de Estudios
Aprobado por los HH. Consejos
Académico y de Gobierno



Índice

	Pág.
I. Datos de identificación.	3
II. Presentación del programa de estudios.	4
III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular.	6
IV. Objetivos de la formación profesional.	8
V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.	9
VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización.	10
VII. Acervo bibliográfico.	12



I. Datos de identificación.

Espacio académico donde se imparte

Estudios profesionales

Unidad de aprendizaje Clave

Carga académica

<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="7"/>
Horas teóricas	Horas prácticas	Total de horas	Créditos

Carácter Tipo Periodo escolar

Área curricular Núcleo de formación

Seriación

UA Antecedente

UA Consecuente

Formación común

No presenta





II. Presentación del programa de estudios.

En la actualidad la electrónica de potencia es un área de la electrónica que cada vez toma mayor importancia tanto en aplicaciones comerciales como industriales, con aplicaciones cotidianas, por ejemplo, cada vez se requiere con mayor frecuencia el uso de convertidores conmutados de potencia, aplicados desde convertidores de baja potencia para fuentes de alimentación de sistemas de cómputo, hasta sistemas de respaldo de energía de alta potencia para corporativos. Por otra parte, cada vez se trata de utilizar energías en el uso de inmuebles, como para vehículos eléctricos o híbridos, que implican de forma imprescindible el uso de convertidores conmutados de potencia. Finalmente, en la industria, se utiliza la electrónica de potencia en convertidores como drivers de los actuadores principales para procesos de extrusión, moldeado, fundición, transporte de producto, fundición por inducción magnética, compresión de aire, etc.

Con base a lo ya mencionado es de importancia que el egresado de la carrera de Ingeniería en Electrónica adquiera las habilidades suficientes tanto para analizar como para diseñar convertidores de potencia conmutados. En este sentido la estructura de la presente unidad de aprendizaje toma como base la conversión de Corriente Alterna a Corriente Directa y la conversión de Corriente Directa a Corriente Alterna en modo resonante.

En la primera unidad temática se presentan de manera general los tipos de convertidores que existen, sus aplicaciones y la conversión que realizan respecto a la energía de entrada como a la energía que producen. Posteriormente se expone un análisis de respuesta transitoria para circuitos de primero y segundo orden con cargas reactivas, para analizar el comportamiento eléctrico en función del tiempo y conocer los efectos que producen las cargas reactivas en los elementos de conmutación (interruptores).

La segunda unidad temática presenta aspectos analíticos como prácticos de los convertidores de corriente alterna a corriente directa (rectificadores). En primer lugar, se retoman los diodos rectificadores de unión PN desde el punto de vista de la electrónica de potencia, considerando su velocidad de conmutación y su manejo de corriente y voltaje. Posteriormente se realizan análisis para determinar el comportamiento de rectificadores con diodos, empezando desde el rectificador de media onda con cargas reactivas, posteriormente se proporciona el funcionamiento y se analiza mediante la serie de Fourier el rectificador de onda completa tipo-H, finalmente se expone el funcionamiento del rectificador trifásico de onda completa y se analiza para obtener su voltaje de salida promedio y también para calcular las pérdidas por corriente alterna.

La tercera unidad temática introduce la teoría de los convertidores de corriente alterna a corriente directa controlados, como lo son el TRIAC y el SCR, donde se presenta su estructura interna, funcionamiento y parámetros, los cuales serán utilizados para construir los convertidores de corriente alterna a corriente directa controlados, así como convertidores de corriente alterna a corriente alterna también controlados.





Posteriormente se analiza el funcionamiento de convertidores de corriente alterna a corriente directa controlados, en donde este análisis incluye su funcionamiento, formas de onda de voltaje y corriente, deducción matemática de voltajes promedio de salida, comenzando desde un rectificador monofásico de media onda, pasando por un convertidor completo tipo-H, un semiconvertidor tipo-H, hasta llegar a un convertidor de AC a AC controlado monofásico.

Desde un punto de vista de aplicación para activar y controlar los convertidores de potencia antes mencionados, se requieren dos elementos muy importantes, en primer lugar se tienen los circuitos de disparo, que se encargan de conmutar los dispositivos electrónicos de potencia como lo son los SCR's y TRIACS, manejando una señal de entrada con voltaje y corriente pequeños provenientes de un circuito de control analógico o digital y el circuito de disparo se encargará de reforzar tales señales de voltaje y corriente para conmutar el elemento electrónico de potencia. El otro elemento tiene que ver con la técnica para controlar lo que se conoce como el ángulo de disparo para los dispositivos electrónicos de potencia, para lo cual se presentan dos técnicas una conocida como cruce por seno y cruce por coseno en donde la implementación de estas técnicas se puede realizarse con electrónica analógica, digital o híbrida.

Finalmente, en la unidad 4 se expone la teoría para inversores monofásicos, así como los dispositivos de conmutación de potencia más prácticos que son los transistores MOSFET, los cuales serán manejados por circuitos de disparo de estado sólido, o sea en circuito integrado. En lo que corresponde al control por modulación de ancho de pulso (PWM) se utilizará un control en circuito integrado comercial y finalmente se calculará el filtro resonante LC para producir una señal de corriente alterna senoidal.

Esta unidad de aprendizaje será un antecedente de para las unidades de aprendizaje consecuentes como lo son Electrónica de potencia II, Control de procesos industriales entre otras y permite ampliar la visión de otras unidades de aprendizaje como control analógico y digital I y II, así como maquinas eléctricas e instalaciones eléctricas entre otras.

Para lograr el objetivo de la UA, el profesor debe realizar la planeación del curso, explicar a detalle el marco teórico, proporcionar problemas o ejemplos lo más apegados a la realidad, de tal manera que el estudiante pueda observar el contexto donde los conocimientos adquiridos tienen aplicaciones reales. Por otra parte, deberá utilizar herramientas tales como software especializado para simulación de sistemas electrónicos de potencia y equilibrar el aspecto práctico. También debe aplicar diversas estrategias de aprendizaje como actividades grupales, trabajos de investigación, prácticas de simulación y de laboratorio.

En lo que corresponde al estudiante, debe de tener la capacidad de análisis y síntesis, capacidad de organización y planificación, ser competente en el manejo de computadora, instrumentos electrónicos de medición tales como osciloscopio, multímetro, generadores de señales, fuentes de alimentación, etc., también ser competente en la búsqueda y análisis de información y finalmente tener la capacidad de aplicar los conocimientos.



III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular

MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA DE INGENIERIA EN ELECTRONICA, 2019

	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10	
O B L I G A T O R I A S	Programación básica 2 2 4 6	Epistemología 3 1 4 7	Probabilidad y estadística 3 1 4 7	Métodos numéricos 1 3 4 5	Modelado de sistemas dinámicos aplicados 3 1 4 7	Control analógico y digital I 4 2 6 10	Control analógico y digital II 4 2 6 10	Instrumentación 2 4 6 8	Filtrado de señales 3 3 6 9		
	Algebra superior 3 1 4 7	Algebra lineal 3 1 4 7	Metrología 2 4 6 8	Circuitos electrónicos 3 3 6 9	Sistemas lineales y señales 4 2 6 10	Sistemas digitales 2 4 6 8	Microcontroladores 2 4 6 8	Programación paralela y sistemas operativos en tiempo real 2 3 5 7	Sistemas embebidos 0 4 4 4		
	Geometría analítica 3 1 4 7	Cálculo II 3 1 4 7	Cálculo III 3 1 4 7	Cálculo avanzado 3 1 4 7	Electrónica I 3 3 6 9	Electrónica II 3 3 6 9	Electrónica de potencia I 2 3 5 7	Electrónica de potencia II 2 3 5 7	Redes de comunicación 2 3 5 7		
	Cálculo I 3 1 4 7	Ecuaciones diferenciales 3 1 4 7	Dinámica 3 1 4 7	Ciencia, tecnología y sociedad 1 2 3 4	Administración de la producción 2 1 3 5	Instalaciones eléctricas 3 1 4 7	Costos y evaluación de proyectos 2 2 4 6	Mantenimiento industrial 3 1 4 7			
	Expresión oral y escrita 0 3 3 3	Estatica 3 1 4 7	Física de semiconductores 3 1 4 7	Dibujo electrónico 1 3 4 5	Máquinas eléctricas 2 2 4 6	Física de ondas 3 1 4 7	Ética profesional 2 2 4 6	Calidad 3 1 4 7			
		Química 3 1 4 7	Termodinámica 3 1 4 7	Teoría electromagnética I 4 2 6 10	Teoría electromagnética II 4 2 6 10	Radiación y propagación electromagnética 2 3 5 7	Comunicación I 3 2 5 8	Comunicación II 3 2 5 8			
O P T A T I V A S	El ingeniero y su entorno socioeconómico 3 1 4 7	Inglés 5 2 2 4 6	Inglés 6 2 2 4 6	Inglés 7 2 2 4 6	Inglés 8 2 2 4 6				Integrativa profesional** -- -- -- 6	Control de procesos industriales 2 4 6 8	
									Optativa 1 3 1 4 7		
									Optativa 2 3 1 4 7		
	HT 14 HP 8 TH 23 CR 97	HT 20 HP 8 TH 28 CR 48	HT 19 HP 11 TH 30 CR 48	HT 15 HP 18 TH 31 CR 48	HT 20 HP 13 TH 33 CR 53	HT 17 HP 14 TH 31 CR 48	HT 15 HP 15 TH 30 CR 45	HT 15 HP 14** TH 29** CR 62	HT 13 HP 18 TH 29 CR 42	HT -- HP ** TH ** CR 30	





Proyecto curricular de la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica
Reestructuración, 2019
Secretaría de Docencia • Dirección de Estudios Profesionales



DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE OPTATIVAS

PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9	PERIODO 10
								Bioelectrónica ¹	
								3	
								1	
								4	
								7	
								Ingeniería de audio	
								3	
								1	
								4	
								7	
								Robótica	
								3	
								1	
								4	
								7	
								Electrónica de potencia en sistemas sustentables	
								3	
								1	
								4	
								7	
								Electrónica de los sistemas de transporte	
								3	
								1	
								4	
								7	
								Telefonía	
								3	
								1	
								4	
								7	
								Control avanzado	
								3	
								1	
								4	
								7	

SIMBOLOGÍA

Unidad de aprendizaje	HT: Horas Teóricas
	HP: Horas Prácticas
	TH: Total de Horas
	CR: Créditos

⇒ 34 líneas de serbación.

Créditos mínimos 22 y máximos 56 por periodo escolar.

¹Actividad académica.

²Las horas de la actividad académica.

³UA optativa que debe impartirse, cursarse y acreditarse en el idioma inglés.

	Núcleo básico obligatorio.
	Núcleo sustantivo obligatorio.
	Núcleo Integral obligatorio.
	Núcleo Integral optativo.

PARÁMETROS DEL PLAN DE ESTUDIOS

Núcleo básico obligatorio: cursar y acreditar 22 UA	56 31 87 143	Total del núcleo básico: acreditar 22 UA para cubrir 143 créditos
---	-----------------------	---

Núcleo sustantivo obligatorio: cursar y acreditar 21 UA	58 47 105 163	Total del núcleo sustantivo acreditar 21 UA para cubrir 163 créditos
---	------------------------	--

Núcleo Integral obligatorio: cursar y acreditar 13 UA + 2 ³	28 88 ^{HT} 94 ^{HT} 130	Núcleo Integral optativo: cursar y acreditar 2 UA	8 2 8 14	Total del núcleo Integral acreditar 15 UA + 2 ³ para cubrir 144 créditos
--	---	---	-------------------	---

TOTAL DEL PLAN DE ESTUDIOS	
UA obligatorias	56 + 2 Actividades académicas
UA optativas	2
UA a acreditar	58 + 2 Actividades académicas
Créditos	480



Departamento de Desarrollo Curricular

Programa de Estudios
Aprobado por los HH. Consejos
Académico y de Gobierno



IV. Objetivos de la formación profesional.

Objetivos del programa educativo:

Son objetivos de los estudios profesionales de la Licenciatura de Ingeniería en Electrónica formar profesionales, críticos, creativos, dispuestos a adquirir el espíritu universitario, interesados por resolver problemas técnicos relacionados con el diseño, ensamble, instalación, evaluación, validación y mantenimiento de sistemas electrónicos contemplando aspectos éticos, humanísticos, de inclusión, en armonía con el medio ambiente para contribuir al progreso, económico y cultural del país y satisfacer las necesidades de la sociedad.

Generales

- Ejercer el diálogo y el respeto como principios de la convivencia con sus semejantes, y de apertura al mundo.
- Reconocer la diversidad cultural y disfrutar de sus bienes y valores.
- Adquirir los valores de cooperación y solidaridad.
- Participar activamente en su desarrollo académico para acrecentar su capacidad de aprendizaje y evolucionar como profesional con autonomía.
- Asumir los principios y valores universitarios, y actuar en consecuencia.
- Aprender los modelos, teorías y ciencias que explican el objeto de estudio de su formación.
- Emplear habilidades lingüístico-comunicativas en una segunda lengua.
- Tomar decisiones y formular soluciones racionales, éticas y estéticas.
- Comprender y aplicar los principios subyacentes a los métodos, técnicas e instrumentos empleados en la intervención profesional.
- Emplear las habilidades técnicas y tecnológicas para evolucionar en el campo laboral.
- Desarrollar un juicio profesional basado en la responsabilidad, objetividad, credibilidad y la justicia.

Particulares

- Ensamblar sistemas electrónicos analógicos y digitales evaluando el tipo, costo, propósito y características de montaje de componentes utilizando los fundamentos de la teoría de los semiconductores, electrónica y teoría electromagnética para contribuir en diversos ámbitos de la sociedad tales como la salud, la educación, la industria y los servicios.



- Instalar sistemas electrónicos analógicos y digitales ponderando los requerimientos técnicos, de espacio, normativos, de prueba y de seguridad empleando el conocimiento de los estándares nacionales e internacionales para solucionar problemas técnicos en el área de automatización, telecomunicaciones, energía sustentable, sistemas de transporte, bioelectrónica y electrónica entre otras dentro de las organizaciones.
- Evaluar sistemas electrónicos analógicos y digitales caracterizando su funcionamiento a partir de sus parámetros de operación y uso para establecer su óptimo desempeño en su vida útil.
- Organizar inspecciones sobre los sistemas electrónicos analógicos y digitales utilizando técnicas analíticas tales como indicadores estadísticos de fiabilidad y disponibilidad para pronosticar fallas y extender la vida útil de los equipos.

Objetivos del núcleo de formación:

Desarrollar en el alumno el dominio teórico, metodológico y axiológico del campo de conocimiento donde se inserta la profesión.

Comprender unidades de aprendizaje sobre los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para dominar los procesos, métodos y técnicas de trabajo; los principios disciplinares y metodológicos subyacentes; y la elaboración o preparación del trabajo que permita la presentación de la evaluación profesional.

Objetivos del área curricular o disciplinaria:

Evaluar las condiciones, requerimientos técnicos, alcances y limitaciones de problemas prácticos de la electrónica a través de técnicas y métodos de diseño que aplican los conocimientos de redes de comunicación, electrónica de potencia, mantenimiento industrial, sistemas embebidos, instrumentación y control de procesos industriales para responder técnicamente a las necesidades de las organizaciones productivas, industriales y de servicios.

V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.

Diseñar rectificadores de una fase y trifásicos, convertidores DC-DC y AC-DC utilizando drivers y tiristores actuales, así como modelos de las arquitecturas típicas para resolver problemas relacionados con la conversión y adecuación de tensiones y corrientes eléctricas en dispositivos electrónicos.





VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje, y su organización.

Unidad temática 1. Introducción a Convertidores de potencia electrónicos

Objetivo: Evaluar los convertidores potencia electrónicos, a través del análisis de circuitos de primero y segundo orden de corriente directa con cargas reactivas, con la finalidad de pronosticar los efectos que las cargas tendrán sobre los componentes que constituyen.

Temas:

- 1.1 Tipos de sistemas convertidores
- 1.2 Análisis transitorio de circuitos de 1er orden con fuentes de DC con interruptores, diodos y cargas reactivas.
- 1.3 Análisis transitorio para circuitos de segundo orden (RLC)

Unidad temática 2. Rectificadores no Controlados

Objetivo: Sintetizar convertidores de corriente alterna a corriente directa no controlados (rectificadores no controlados), a través de la determinación de las formas de onda para voltajes y corrientes aplicadas a cargas resistiva y reactivas haciendo uso de las series de Fourier, para proponer diseños que cumplan con los estándares de calidad de la energía requeridos.

Temas:

- 2.1 Diodos de potencia
- 2.2 Rectificador de media onda monofásico
- 2.3 Rectificador de onda completa tipo-H
- 2.4 Rectificadores trifásicos



Unidad temática 3. Rectificadores Controlados

Objetivo: Sintetizar convertidores de corriente alterna a corriente directa y de corriente alterna a corriente alterna controlados, a través de la determinación de las formas de onda para voltajes y corrientes aplicadas a cargas resistiva y reactivas, para proponer diseños que cumplan con los estándares de calidad de la energía requeridos en procesos industriales.

Temas:

- 3.1 Tiristores
- 3.2 Rectificadores controlados
- 3.3 Convertidor completo tipo-H
- 3.4 Semiconvertidor completo tipo-H
- 3.5 Convertidores de AC a AC
- 3.6 Circuitos de control de los convertidores de AC a AC
- 3.7 Circuitos de disparo

Unidad temática 4. Inversores Resonantes

Objetivo: Sintetizar convertidores de DC a AC resonantes, a través de la determinación de las formas de onda para voltajes y corrientes aplicadas a cargas resistiva y reactivas usando dispositivos de conmutación MOSFET, de control PWM y drivers de estado sólido, con el fin de proponer diseños que cumplan con los estándares de calidad de la energía requeridos.

Temas:

- 4.1 Introducción a los Inversores monofásicos PWM
- 4.2 Funcionamiento del Inversor de medio puente
- 4.3 Funcionamiento del Inversor puente completo o tipo-H
- 4.4 Parámetros de rendimiento
- 4.5 Transistor MOSFET para conmutación
- 4.6 Control por PWM (Modulación de Ancho de Pulso) y aplicación con el CI TL-494
- 4.7 Estudio y aplicación con el controlador de compuerta IR-2184
- 4.8 Diseño e implementación de un inversor resonante.
- 4.9 Bases para el diseño de convertidores de DC a DC.





VII. Acervo bibliográfico.

Básico:

Hart D. W., (2001), *Electrónica de Potencia*, 1ª Edición, Pearson/Prentice Hall
Benavent García J. M., Abellán García A., Figeres Amorós E., (1999), *Electrónica de Potencia, Teoría y Aplicaciones*. 1ª Edición. Alfaomega.
Rashid, M. H., (2004). *Electrónica de Potencia, circuitos dispositivos y aplicaciones*. 3ª Edición. Pearson/Prentice Hall

Literatura en inglés:

General Electric. Manual SCR
Irwin J. D., (2001), *Power Electronics Handbook*. 1a Edición. Academic Press
Mohan N., Underland T. M., Robbins W. P., (1995), *Power Electronics, Converters, Applications and Design*. 2a Edición. Jhon Wiley and Sons.
Dewan S. B., Straughen A., (1975), *Power Semiconductor Circuits* 1a Edición. Jhon Wiley and Sons.

Complementario:

Hsu H. P., (1987), *Análisis de Fourier*. 1ª Edición, Addison-Wesley Interamericana.