

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA**



PROGRAMA DE ESTUDIOS

CONTROL AVANZADO

Elaboró:	<u>Dr. Eduardo Rodríguez Angeles</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Dr. Jorge Samuel Benítez Read</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Dr. Giorgio Mackenzie Cruz Martínez</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>
	<u>Dr. Germán García Benítez</u>	<u>Facultad de Ingeniería</u>

Asesoría técnica:	<u>M. en T.D.E. Araceli Rivera Guzmán</u>	<u>Dirección de Estudios Profesionales</u>
--------------------------	---	--

Fecha de aprobación:	<u>H. Consejo Académico</u> <u>06 de diciembre de 2023</u>	<u>H. Consejo de Gobierno</u> <u>08 de diciembre de 2023</u>
-----------------------------	---	---

Facultad de Ingeniería

DIRECCIÓN DE ESTUDIOS
PROFESIONALES



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

Facultad de Ingeniería

Estudios profesionales

Licenciatura de Ingeniería en Electrónica, 2019

Unidad de aprendizaje

Control avanzado

Clave

LINE38

Carga académica

3

1

4

7

Horas
teóricas

Horas
prácticas

Total de
horas

Créditos

Carácter

Optativa

Tipo

Curso

Periodo escolar

Noveno

Área
curricular

**Ingeniería Aplicada y Diseño de
Ingeniería**

Núcleo de
formación

Integral

Seriación

Ninguno

Ninguno

UA Antecedente

UA Consecuente

Formación común

No presenta

X





II. Presentación del programa de estudios.

La Universidad Autónoma del Estado de México se encuentra situada dentro de una de las zonas industriales más grandes de la República Mexicana, en la cual se incluye la industria alimenticia, química, de servicios y, la más grande de todas, la automotriz. Estas industrias, en su mayoría, manejan procesos automatizados de control para su producción, de aquí la importancia de preparar al futuro Ingeniero en Electrónica con las competencias necesarias desde el punto de vista analítico así como de aplicación, para que pueda insertarse de una manera más contundente al sector productivo y tenga las habilidades, capacidades y conocimientos pertinentes y suficientes para desarrollarse en áreas de mantenimiento y/o diseño de procesos de control industrial.

Al referirse a los procesos industriales antes mencionados, es importante aclarar que tales procesos regularmente son sistemas que requieren controlar una o más variables físicas, además de estar compuestos por elementos mecánicos, hidráulicos, eléctricos, etc., los cuales en su conjunto tienen que ser controlados bajo ciertas técnicas proporcionadas por la teoría del control implementadas dentro de un circuito electrónico, ya sea analógico y/o analógico-digital.

El área de control es una de las grandes áreas de conocimiento y aplicación de la electrónica y, debido a su relevancia en la industria, es de suma importancia que el egresado de la carrera de Ingeniería en Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la UAEMéx adquiera las competencias referentes a algunas de las técnicas, más relevantes actualmente, de análisis y diseño de sistemas de control moderno, de tal manera que se pueda desarrollar adecuadamente en cualquier proceso industrial que requiera la aplicación de conocimientos especializados en este campo.

La Unidad de Aprendizaje Control avanzado no está seriada en el mapa curricular, aunque se considera como continuación de la UA Control analógico y digital II, debido a que su contenido permite una mayor especialización en el área de control, por lo que el estudiante debe de contar con las competencias necesarias para modelar, analizar y diseñar sistemas de control vistos en los cursos previos de control. Además, esta UA sirve de apoyo para otras UUAA relacionadas con el área de control, como lo es Control de procesos industriales y Robótica. Por todo lo anterior, es que esta UA se integra al plan curricular de Ingeniería en Electrónica en el noveno periodo.

En la primera unidad temática se expone la técnica de control basada en redes neuronales, proporcionando los principios, características, arquitecturas y tipos de aprendizaje de las redes neuronales, y finalizando con la presentación de las aplicaciones de identificación y parametrización de sistemas utilizando redes neuronales y algunos de los diferentes tipos de control neuronal de sistemas.





La segunda unidad temática corresponde a la técnica de control basada en lógica difusa, por lo cual se comienza presentando los principios, conjuntos, operaciones, reglas y razonamiento de la lógica difusa, para después proporcionar las aplicaciones de identificación de sistemas utilizando lógica difusa y algunos de los diferentes tipos de control difuso de sistemas.

En la tercera unidad temática se presenta la técnica de control basada en algoritmos genéticos o evolutivos, comenzando con la exposición de los principios, operadores y esquemas de los algoritmos genéticos, y culminando con su aplicación en identificación de sistemas y control de sistemas utilizando algoritmos genéticos.

Por lo anterior, esta UA aporta al perfil del Ingeniero en Electrónica el desarrollar la capacidad de analizar y diseñar sistemas de control en forma lógica, metodológica, sistemática, pertinente y correcta, aplicando principios básicos bien fundamentados en su planteamiento, con el propósito de sentar las bases para que en el ámbito profesional sea capaz de analizar, diseñar, controlar e implementar sistemas de control industriales.

Debido a lo anterior, el profesor que imparta esta UA debe realizar la planeación del curso e impartir el aspecto teórico de los temas, pero también debe proporcionar problemas o ejemplos lo más apegados a la realidad, de tal manera que el estudiante pueda observar el contexto donde los conocimientos adquiridos en esta UA tienen aplicaciones reales, sobre todo en procesos industriales. Por otra parte, el profesor debe utilizar herramientas tales como software especializado (MatLab, LabVIEW, entre otros) para reforzar los conocimientos adquiridos por los estudiantes tanto en el aspecto analítico como para equilibrar el aspecto práctico, y también debe aplicar diversas estrategias de aprendizaje como actividades grupales, trabajos de investigación, prácticas de simulación y prácticas físicas en laboratorio.

Finalmente, el estudiante debe de tener capacidad de análisis y síntesis, capacidad de organización y planificación, debe ser competente en el manejo de computadora e instrumentos electrónicos de medición, tales como osciloscopio, multímetro, generadores de señales, fuentes de alimentación, etc., debe ser competente en la búsqueda y análisis de información, y debe tener la capacidad de integrar y 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	
OBLIGATORIAS	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	Metrolgía 2 4 6 8	Circuitos eléctricos 3 3 6 9	Sistemas lineales y señales 4 2 6 10	Sistemas digitales 2 4 6 8	Microcontroladores 2 4 6 7	Programación paralela y sistemas operativos en tiempo real 2 4 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	Estática 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			
	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** - - - 8	Control de procesos industriales 2 4 6 8	
										Optativa 1 3 1 4 7	
										Optativa 2 3 1 4 7	
											Práctica profesional I - - - 30

HT 14	HT 20	HT 19	HT 15	HT 20	HT 17	HT 16	HT 16	HT 13	HT --
HP 8	HP 8	HP 11	HP 18	HP 13	HP 14	HP 15	HP 14***	HP 18	HP **
TH 23	TH 28	TH 30	TH 31	TH 33	TH 31	TH 30	TH 29***	TH 29	TH **
CR 37	CR 48	CR 49	CR 48	CR 52	CR 48	CR 45	CR 52	CR 42	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
								Bioelectrónica¹ 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

<table border="1"> <tr><td>Núcleo básico obligatorio: cursar y acreditar 22 UA</td><td>56</td></tr> <tr><td></td><td>31</td></tr> <tr><td></td><td>87</td></tr> <tr><td></td><td>143</td></tr> </table>	Núcleo básico obligatorio: cursar y acreditar 22 UA	56		31		87		143	<table border="1"> <tr><td>Núcleo sustantivo obligatorio: cursar y acreditar 21 UA</td><td>58</td></tr> <tr><td></td><td>47</td></tr> <tr><td></td><td>105</td></tr> <tr><td></td><td>163</td></tr> </table>	Núcleo sustantivo obligatorio: cursar y acreditar 21 UA	58		47		105		163	<table border="1"> <tr><td>Núcleo Integral obligatorio: cursar y acreditar 13 UA + 2¹</td><td>28</td></tr> <tr><td></td><td>38**</td></tr> <tr><td></td><td>94**</td></tr> <tr><td></td><td>130</td></tr> </table>	Núcleo Integral obligatorio: cursar y acreditar 13 UA + 2 ¹	28		38**		94**		130	<table border="1"> <tr><td>Núcleo Integral optativo: cursar y acreditar 2 UA</td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td>2</td></tr> <tr><td></td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td>14</td></tr> </table>	Núcleo Integral optativo: cursar y acreditar 2 UA	8		2		8		14	<table border="1"> <tr><td>Total del núcleo básico: acreditar 22 UA para cubrir 143 créditos</td><td></td></tr> </table>	Total del núcleo básico: acreditar 22 UA para cubrir 143 créditos		<table border="1"> <tr><td>Total del núcleo sustantivo: acreditar 21 UA para cubrir 163 créditos</td><td></td></tr> </table>	Total del núcleo sustantivo: acreditar 21 UA para cubrir 163 créditos		<table border="1"> <tr><td>Total del núcleo Integral: acreditar 15 UA + 2¹ para cubrir 144 créditos</td><td></td></tr> </table>	Total del núcleo Integral: acreditar 15 UA + 2 ¹ para cubrir 144 créditos	
Núcleo básico obligatorio: cursar y acreditar 22 UA	56																																											
	31																																											
	87																																											
	143																																											
Núcleo sustantivo obligatorio: cursar y acreditar 21 UA	58																																											
	47																																											
	105																																											
	163																																											
Núcleo Integral obligatorio: cursar y acreditar 13 UA + 2 ¹	28																																											
	38**																																											
	94**																																											
	130																																											
Núcleo Integral optativo: cursar y acreditar 2 UA	8																																											
	2																																											
	8																																											
	14																																											
Total del núcleo básico: acreditar 22 UA para cubrir 143 créditos																																												
Total del núcleo sustantivo: acreditar 21 UA para cubrir 163 créditos																																												
Total del núcleo Integral: acreditar 15 UA + 2 ¹ 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:

Proveer al alumno de escenarios educativos para la integración, aplicación y desarrollo de los conocimientos, habilidades y actitudes que le permitan el desempeño de funciones, tareas y resultados ligados a las dimensiones y ámbitos de intervención profesional o campos emergentes de la misma.

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 sistemas de control continuo y discreto a partir de técnicas de lógica difusa, redes neuronales y algoritmos genéticos para el diseño de sistemas industriales.





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

Unidad temática 1. Control de sistemas utilizando redes neuronales

Objetivo: Diseñar un sistema de control, empleando las técnicas y conceptos de redes y control neuronales, para que el sistema tenga un mejor desempeño.

Temas:

- 1.1 Arquitecturas de redes neuronales
 - 1.1.1 Perceptrón
 - 1.1.2 Red neuronal multicapa
 - 1.1.3 Redes de función base radial (radial basis functions)
 - 1.1.4 Redes Hopfield (recurrente, dinámica)
 - 1.1.5 Otros tipos de arquitecturas
- 1.2 Reglas y paradigmas de aprendizaje
 - 1.2.1 Aprendizajes supervisado y no supervisado
 - 1.2.2 Aprendizaje reinformado (reforzado)
 - 1.2.3 Otras propuestas de aprendizaje: Veían, Widrow-Hoff (algoritmo LMS, algoritmo gradiente descendente), y Competitive
 - 1.2.4 Retropropagación (backpropagation) y estabilidad
 - 1.2.5 Teorema de aproximación
- 1.3 Identificación neuronal y parametrización con redes neuronales
 - 1.3.1 Predicción del error
 - 1.3.2 Filtrado de Kalman
 - 1.3.3 Retropropagación dinámica
 - 1.3.4 Validación, podado y regularización del modelo
- 1.4 Control neuronal
 - 1.4.1 Control neuronal usando redes neuronales multicapa
 - 1.4.2 Control neuronal directo e indirecto usando redes recurrentes
 - 1.4.3 Control neuronal usando el aprendizaje reforzado



Unidad temática 2. Control de sistemas utilizando lógica difusa

Objetivo: Diseñar un sistema de control, empleando las técnicas y conceptos de lógica y control difusos, para que el sistema tenga un mejor desempeño.

Temas:

2.1 Lógica difusa

- 2.1.1 Conjuntos difusos
- 2.1.2 Operaciones difusas
- 2.1.3 Razonamiento difuso

2.2 Control difuso

- 2.2.1 Controlador de Mamdani
- 2.2.2 Controlador de Sugeno

2.3 Sistemas difusos e identificación difusa

- 2.3.1 Propiedades de aproximación de sistemas difusos
- 2.3.2 Diseño de sistemas difusos: búsqueda en tablas, entrenamiento por descenso del gradiente, mínimos cuadrados recursivo, agrupamiento (clustering)

2.4 Control difuso adaptable

- 2.4.1 Control difuso directo estable
- 2.4.2 Control difuso indirecto estable
- 2.4.3 Control supervisorio y proyección

2.5 Control neurodifuso

Unidad temática 3. Control de sistemas utilizando algoritmos genéticos

Objetivo: Diseñar un sistema de control, empleando las técnicas y conceptos de algoritmos genéticos, para que el sistema tenga un mejor desempeño.

Temas:

3.1 Algoritmo genético

- 3.1.1 Operadores genéticos
- 3.1.2 Esquemas de selección

3.2 Aplicaciones

- 3.2.1 Identificación y control
- 3.2.2 Aprendizaje de los parámetros de redes neuronales



VII. Acervo bibliográfico.

Básico:

Araujo, L., Cervigón, C. (2009). *Algoritmos evolutivos: un enfoque práctico*. Alfaomega: Ra-Ma.

Bojadziev, G., Bojadziev, M. (1995). *Fuzzy sets, fuzzy logic, applications*. River Edge, World Scientific.

Coley, D.A. (1999). *An introduction to genetic algorithms for scientists and engineers*. River Edge, World Scientific.

Flórez López, R., Fernández Fernández, J.M. (2008). *Las redes neuronales artificiales: fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas*. Netbiblo.

García Infante, J.C. (2009). *Sistemas con lógica difusa*. Instituto Politécnico Nacional.

Haupt, R.L., Haupt, S.E. (2004). *Practical genetic algorithms* (2nd edition). Hoboken, John Wiley.

Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines* (3rd edition). New York, Prentice Hall.

Hilera González, J.R. (2000). *Redes neuronales artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones*. Alfaomega.

Martín del Brío, B., Sanz Molina, A. (2007). *Redes neuronales y sistemas borrosos* (3a edición). Alfaomega.

Nguyen, H.T., Walker, E.A. (2006). *A first course in fuzzy logic* (3rd. edition). Boca Raton, Prentice Hall. Chapman & Hall/CRC.

Ponce Cruz, P. (2010). *Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería*. Buenos Aires, Alfaomega.

Sánchez Camperos, E.N., Alanís García, A.Y. (2006). *Redes neuronales: conceptos fundamentales y aplicaciones a control automático*. Pearson Educación.

Sivanandam, S.N., Sumathi, S., Deepa, S.N. (2010). *Introduction to fuzzy logic using MatLab*. Springer.

Sivanandam, S.N., Deepa, S.N. (2010). *Introduction to genetic algorithms*. Springer.



Complementario:

- Driankov, D., Hellendorn, H., Reinfrank, M. (1996). *An introduction to fuzzy control* (2nd edition). Springer Verlag.
- Goldberg, D.E. (1997). *Genetic algorithms in search, optimization & machine learning*. Massachusetts, Addison-Wesley.
- Haykin, S. (1994). *Neural networks: a comprehensive foundation*. New York, Prentice Hall.
- Lin, C.T., Lee, G. (1996). *Neural fuzzy systems: a neural-fuzzy synergism to intelligent systems*. Prentice Hall.
- Li-Xin Wang. (1997). *A course in fuzzy systems and control*. Upper Saddle River, Prentice Hall.
- Man, K.F., Tang, K.S., Kwong, S., Halang, W.A. (1997). *Genetic algorithms for control and signal processing*, Springer Verlag.
- Suykens, J.A.K., Vanderwalle, J.P.L., De Moor, B.L.R. (1996). *Artificial neural networks for modelling and control of non-linear systems*, Kluwer Academic Publisher.

