



Universidad Autónoma del Estado de México  
Facultad de Ingeniería

Licenciatura de Ingeniería en Sistemas  
Energéticos Sustentables



**Programa de Estudios**

**Hibridación de Sistemas Energéticos**

Elaboró: M. en I. Laura Patricia Jiménez Mijangos Fecha: Enero 2016  
Dr. Eder Guzmán Baltazar

Fecha de aprobación H. Consejo académico H. Consejo de Gobierno  
Agosto/2016 Agosto/2016



## Índice

	Pág.
I. Datos de identificación	3
II. Presentación	4
III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular	4
IV. Objetivos de la formación profesional	5
V. Objetivos de la unidad de aprendizaje	5
VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje y su organización	6
VII. Acervo bibliográfico	8



### PROGRAMA DE ESTUDIOS

#### I. Datos de identificación

Espacio educativo donde se imparte

Licenciatura

Unidad de aprendizaje  Clave

Carga académica      
Horas teóricas Horas prácticas Total de horas Créditos

Período escolar en que se ubica

Seriación    
UA Antecedente UA Consecuente

Tipo de UA Curso  Curso taller   
Seminario  Taller   
Laboratorio  Práctica profesional   
Otro tipo (especificar)

Modalidad educativa  
Escolarizada. Sistema rígido  No escolarizada. Sistema virtual   
Escolarizada. Sistema flexible  No escolarizada. Sistema a distancia   
No escolarizada. Sistema abierto  Mixta (especificar).

Formación académica común  
Ingeniería Civil 2004   
Ingeniería en Computación 2004   
Ingeniería en Electrónica 2004   
Ingeniería Mecánica 2004

Formación académica equivalente Unidad de Aprendizaje  
Ingeniería Civil 2004   
Ingeniería en Computación 2004   
Ingeniería en Electrónica 2004   
Ingeniería Mecánica 2004



## II. Presentación

De acuerdo con el artículo 84 del Reglamento de Estudios Profesionales de la Universidad Autónoma del Estado de México, se establece que el Programa de Estudios es un documento de carácter oficial que estructura y detalla los objetivos de aprendizaje y los contenidos establecidos en el plan de estudios, y que son esenciales para el logro de los objetivos del programa educativo y el desarrollo de las competencias profesionales que señala el perfil de egreso. Este es un documento normativo respecto a los principios y objetivos de los estudios profesionales, así como en relación con el modelo curricular y el plan de estudios de la carrera. Será de observancia obligatoria para autoridades, alumnos, y personal académico y administrativo.

Las fuentes de energía renovable se han popularizado en los últimos años debido a la gran demanda de consumo energético, surgieron como una alternativa a la explotación de recursos fósiles que de manera intrínseca presentan un gran problema ambiental y económico; brindando la oportunidad de reducir costos y contaminantes.

Dos tecnologías en desarrollo y que han encontrado gran auge son la generación por medio de celdas fotovoltaicas y los aerogeneradores, como es de considerarse, estas tecnologías pueden tener un mejor desempeño y ser más durables si se explotan sus características en conjunto, de este hecho surge la necesidad de acoplarlas tecnologías de forma que trabajen adecuadamente en conjunto para realizar tareas de generación de energía más grandes de manera más eficiente.

Todo esto motiva al estudio y desarrollo de sistemas híbridos, es decir, sistemas en los que no sólo la forma de generación de energía es a través de diferentes recursos renovables, si no, que la energía entregada puede ser de corriente alterna o directa; lo que conlleva trabajo de análisis dinámico, acoplamiento eléctricos, conversión de energía y control de desempeño.

Conforme al modelo institucional, basado en la teoría constructivista, que involucra el aprendizaje significativo y el desarrollo de competencias, se debe centrar la actividad de aprendizaje del alumno en tareas diseñadas por el docente, quien debe realizar el diseño didáctico, tanto de actividades individuales como de equipo, dando preferencia a trabajar sobre problemas, estudios de caso y proyectos a fin de que los alumnos apliquen conocimientos no sólo de la Unidad de Aprendizaje en cuestión sino también de otras.

Es muy importante tomar en cuenta que, en la medida de lo posible, toda la información proporcionada a los alumnos sea contextualizada y relacionada con la vida real, de tal forma que ayude al entendimiento de los conceptos y análisis de los mismos.



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

<b>Núcleo de formación:</b>	<b>Integral</b>
<b>Área Curricular:</b>	<b>Eléctrica</b>
<b>Carácter de la UA:</b>	<b>Obligatoria</b>

Al final del documento se anexa el mapa curricular de la Licenciatura de Ingeniería en Sistemas Energéticos Sustentables, para ubicar de manera visual esta unidad de aprendizaje.

### IV. Objetivos de la formación profesional.

<p><b>Objetivos del programa educativo:</b></p> <p>Proyectar, diseñar, analizar, instalar, programar, controlar, operar y mantener sistemas relacionados con el aprovechamiento sustentable de la energía; dando prioridad a la no dependencia de los combustibles fósiles, al uso responsable y eficiente de las mejores tecnologías disponibles, y a la conveniencia de la utilización de las fuentes renovables de energía.</p> <p>Aplicar técnicas y tecnologías, con responsabilidad y Ética para el desarrollo sustentable, para el aprovechamiento de la energía y la preservación del medio ambiente.</p> <p>Apoyar en el diseño de edificaciones sustentables y con bajo consumo energético.</p> <p>Desarrollar aplicaciones que empleen la biomasa obtenida de residuos agrícolas y agroindustriales para generar energía directa.</p> <p>Elaborar programas de ahorro y uso eficiente de la energía en el sector energético, social, e industrial.</p> <p>Investigar sobre la problemática energética y plantear soluciones que contribuyan al desarrollo sustentable.</p> <p>Proyectar, diseñar, analizar, instalar, programar, controlar, operar y mantener sistemas y aplicaciones tecnológicas fotovoltaicas y foto térmicas, eólicas, y geotérmicas.</p> <p><b>Objetivos del núcleo de formación:</b></p> <p>Promover en el alumno/a el aprendizaje de las bases contextuales, teóricas y filosóficas de sus estudios, la adquisición de una cultura universitaria en las ciencias y las humanidades, y el desarrollo de las capacidades intelectuales indispensables para la preparación y ejercicio profesional, o para diversas situaciones de la vida personal y social.</p> <p><b>Objetivos del área curricular o disciplinaria:</b></p> <p>Aplicar los conocimientos teórico-prácticos de los circuitos eléctricos para poder proyectar, dirigir, instalar, operar, controlar y mantener sistemas eléctricos, involucrados con sistemas energéticos.</p>
--



## V. Objetivos de la unidad de aprendizaje.

Modelar sistemas de generación de energía, acoplamientos eléctricos entre sistemas de generación por celdas fotovoltaicas y por aerogeneradores; comportamiento y desempeño de convertidores AC/DC y CD/AC, sistemas de almacenamiento de energía y control de las características de desempeño de la señal de energía que se entrega para consumo.

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

### Unidad 1. Conceptos básicos de hibridación

**Objetivo:** Entender el concepto de sistema híbrido energético; conocer sus componentes indispensables así como las características generales de dichos componentes

- Definición de sistema híbrido energético.
- Esquema de hibridación de sistemas energéticos.
- Elementos de la hibridación de sistemas energéticos.
- Ejemplos de modelos dinámicos de sistemas energéticos.

### Unidad 2. Convertidores y Baterías

**Objetivo:** Conocer las características de diseño y funcionamiento de convertidores eléctricos AC/DC, CD/AC, CD/CD y AC/AC, así como baterías utilizadas en el diseño de sistemas híbridos autónomos.

- Conversión CD/CD y CA/CA.
- Conversión CA/CD y CD/CA.
- Conversores bidireccionales.
- Baterías.
- Conversor bidireccional para carga de baterías.

### Unidad 3. Control de Sistemas Energéticos Híbridos

**Objetivo:** Comprender conceptos de control lineal, estabilidad y desempeño de sistemas dinámicos que ayuden en el diseño de controladores proporcionales integrales para los sistemas energéticos a hibridar.

- Introducción a los sistemas de control.
- Linealización de sistemas dinámicos.
- Estabilidad y desempeño de sistemas lineales.
- Diseño de controladores PI.



#### Unidad 4. Caso de Estudio

**Objetivo:** Conocer el funcionamiento y características de dos sistemas energéticos, por ejemplo: celdas fotovoltaicas y aerogeneradores, para su interconexión en un sistema híbrido.

- Celdas Fotovoltaicas
  - ◆ Arreglo fotovoltaico.
  - ◆ Modelado de celdas fotovoltaicas.
  - ◆ El efecto de sombra en celdas fotovoltaicas.
  - ◆ Seguimiento del punto de máxima potencia.
- Aerogeneradores
  - ◆ Configuración del sistema de aero generación.
  - ◆ Turbina de viento.
  - ◆ Generador.
  - ◆ Seguimiento del punto de máxima potencia.

#### Proyecto de Hibridación de Sistemas Energéticos

**Objetivo:** Aplicar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos para desarrollar un sistema de generación de energía eléctrica dependiente de dos sistemas energéticos acoplados en un sistema híbrido.

- Entender el problema.
- Investigar en artículos científicos respecto de sistemas híbridos para seleccionar un trabajo que sea representativo.
- Entender el artículo seleccionado.
- Emular resultados obtenidos en el artículo por medio de la simulación en Simulink de MatLab del sistema híbrido completo.
- Presentar el proyecto junto con los resultados obtenidos en un reporte escrito.



## VIII. Referencias

### Básica

Irshad Bin Ismail *“Modeling Stand Alone Photovoltaic Wind Hybrid Systems for 100 W Motor”* University Teknikal Malaysia Melaka. 2011-2012.

Abee A.M. El-Haday et.al. *“Modeling Simulation for Hybrid of PV-Wind System”* International Journal of Engineering Research Vol. 4 Issue 4 p.p. 178-183, april 1<sup>st</sup>, 2015.

Mehdi Dali et.al. *“Design of a Stand Alone Hybrid Photovoltaic Wind Generating System with Battery Storage”* (Submitted).

### Complementaria

Pragya Nema et.al. *“A Current and Future State of Art Development of Hybrid Energy System using Wind and PV-Solar: A Review”* Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol. 13 2009 p.p. 2096-2103.

Mehdi Dali et.al. *“Hybrid Solar-Wind System with Battery Storage Operating in Grid Connected and Stand Alone mode: Control and Energy Management- Experimental Investigation”* Energy Vol. 35 2010 p.p. 2587-2595.

Mehdi Dali et.al. *“Control and Energy Management of a Wind-Photovoltaic Hybrid System”* Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol. 12 2008 p.p. 235-249.

S. Gowtham et.al. *“Modeling and Simulation of Power Flow Controller in Hybrid Renewable Energy Systems”* 2014 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies.

*“Stand Alone Photovoltaic Systems: A Handbook of Recommended Design Practices ”* Photovoltaic Design Assistance Center Sandia National Laboratories Albuquerque, New Mexico.

Heinz P. Bloch, Murari P. Singh *“Steam Turbines: Design Applications and Re-Rating”* McGraw Hill 2<sup>nd</sup> Edition 2009.

Eric Feffs *“Generation Power at High Efficiency: Combined Cycle Technology for Sustainable Energy Production”* CRC Press 2008.

A.R. Jha *“Wind Turbine Technology”* CRC Press 2011.

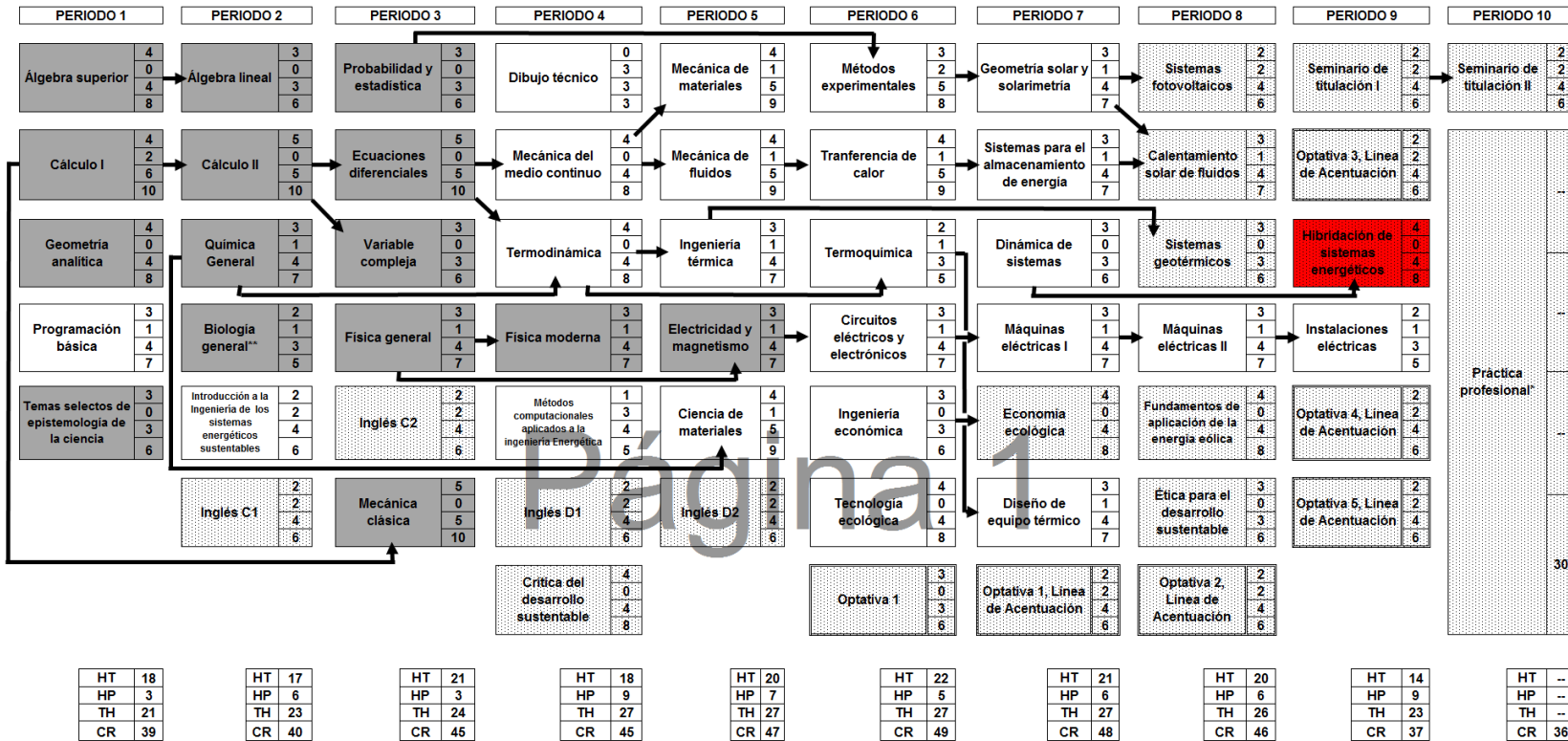
Farid Golnaraghi, Benjamin C. Kuo, *“Automatic Control Systems”* Jhon Willey and Sons Inc. 9<sup>th</sup> Edition 2010.

Katsuhiko Ogata, *“Modern Control Engineering”* Prentice Hall. 5<sup>th</sup> Edition 2010.





MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS ENERGÉTICOS SUSTENTABLES



HT 18 HP 3 TH 21 CR 39	HT 17 HP 6 TH 23 CR 40	HT 21 HP 3 TH 24 CR 45	HT 18 HP 9 TH 27 CR 45	HT 20 HP 7 TH 27 CR 47	HT 22 HP 5 TH 27 CR 49	HT 21 HP 6 TH 27 CR 48	HT 20 HP 6 TH 26 CR 46	HT 14 HP 9 TH 23 CR 37	HT -- HP -- TH -- CR 36
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	----------------------------------

SIMBOLOGÍA

Unidad de aprendizaje	Horas teóricas
	Horas prácticas
	Total de horas
	Créditos

Obligatorio, Núcleo Básico  
 Obligatorio, Núcleo Sustantivo  
 Obligatorio, Núcleo Integral  
 Optativo, Núcleo Integral

→ 31 Líneas de seriación  
 \* Actividad académica  
 \*\* UA Seriado con Microbiología

PARÁMETROS DEL PLAN DE ESTUDIOS

Núcleo Básico obligatorio: cursar y acreditar 15 UA	53 7 60 113	Total del Núcleo Básico: acreditar 15 UA para cubrir 113 créditos
Núcleo Sustantivo obligatorio: cursar y acreditar 23 UA	68 24 92 160	Total del Núcleo Sustantivo: acreditar 23 UA para cubrir 160 créditos
Núcleo Integral obligatorio: cursar y acreditar 14 UA + 1*	39 15 54 123	Total del Núcleo Integral: acreditar 20 UA + 1* para cubrir 159 créditos
Núcleo Integral optativo: cursar y acreditar 6 UA	-- -- -- 36	
<b>TOTAL DEL PLAN DE ESTUDIOS</b>		
UA Obligatorias	52 + 1 ACTIVIDAD ACADÉMICA	
UA Optativas	6	
UA a Acreditar	58 + 1 ACTIVIDAD ACADÉMICA	
Créditos	432	