

## 1. Datos generales de la asignatura.

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Control de Sistemas Eólicos y Fotovoltaicos
<b>Clave de la asignatura:</b>	PRD-1701
<b>SATCA<sup>1</sup></b>	2-3-5
<b>Carrera:</b>	Profesional Asociado en Energías Renovables

## 2. Presentación.

### Caracterización de la asignatura.

El Profesional Asociado conocerá la interacción de los sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos en el funcionamiento de un sistema eólico, así como el control asociado de los sistemas eólicos y fotovoltaicos; aplicando los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Sistemas eólicos, fotovoltaicos, maquinas eléctricas y electrónica. Se relaciona con Sistemas Termosolares, Instalación y manteniendo de sistemas fotovoltaicos.

### Intención didáctica.

En los primeros temas se analizan las propiedades y características de distintos tipos de dispositivos electrónicos de alta potencia, como lo son diodos de potencia, rectificador controlado de silicio, IGBT's, MOSFETs y Snubbers, así como su aplicación en los convertidores asociados a los sistemas mencionados en la caracterización de la asignatura.

El tema cuatro se refiere a la interconexión de los sistemas fotovoltaicos y eólicos con la finalidad de evaluar la calidad energética del sistema.

En el tema cinco se estudian tópicos relativos a los sistemas de control, donde el estudiante adquirirá las competencias teóricas y prácticas necesarias para la instalación mantenimiento y pruebas de sistemas de control con un software SCADA, en este tema se comenta también IEC61850 estándar para la automatización de las subestaciones eléctricas, así como lo requerido para llevar a cabo, desde el aspecto de control, la interconexión de los sistemas fotovoltaicos y eólicos a la red eléctrica.

Por último, en el tema seis Calidad de la Energía Eléctrica se refiere al impacto negativo en la calidad de la energía eléctrica debida a la distorsión armónica introducida en un sistema eléctrico. Se sugiere que el docente trate los temas conceptuales de manera clara y sencilla, que se realicen prácticas en cada tema para que el estudiante refuerce los conocimientos que recibió en el aula, así mismo que el docente haga uso de simuladores tres dimensiones y fomente visitas a instalaciones.

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

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

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Aguascalientes en mayo de 2017.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Culiacán, Durango, La Laguna y Morelia.	Reunión de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de los Programas Educativos de Profesional Asociado en Energías Renovables y Profesional Asociado en Energía Eléctrica.
Instituto Tecnológico de La Laguna en junio de 2017.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Culiacán, Durango, La Laguna y Morelia.	Reunión de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de los Programas Educativos de Profesional Asociado en Energías Renovables y Profesional Asociado en Energía Eléctrica.
Instituto Tecnológico de La Laguna en septiembre de 2017.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Durango y La Laguna.	Reunión de Consolidación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de los Programas Educativos de Profesional Asociado en Energías Renovables y Profesional Asociado en Energía Eléctrica.

### 4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> <li>El estudiante conoce las diferentes topologías y estructuras de los sistemas eólicos y fotovoltaicos.</li> <li>Identifica plenamente los componentes y su función dentro del sistema.</li> <li>Utiliza los sistemas SCADA empleados en los sistemas eólicos y fotovoltaicos.</li> <li>Adquiere el conocimiento del estándar para la automatización de las subestaciones eléctricas.</li> <li>Conoce y aplica los conceptos empleados en calidad de energía eléctrica y eficiencia energética.</li> <li>Aplica los conocimientos adquiridos en las prácticas de laboratorio.</li> </ul>

## 5. Competencias Previas

- Maneja adecuadamente los conceptos básicos para la medición de variables eléctricas, como voltaje y corriente, entre otras.
- Identifica elementos eléctricos y electrónicos de acuerdo con su simbología, en un diagrama eléctrico.
- Construye circuitos eléctricos y electrónicos en tablillas de pruebas y tarjetas de cobre preperforadas.
- Conoce los fundamentos de la conversión de energía eólica y fotovoltaica.
- Aplica las competencias específicas adquiridas en la asignatura Electrónica.
- Lleva a cabo sus actividades en base a las normas de seguridad e higiene adquiridas.

## 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Dispositivos semiconductores de potencia	1.1 Introducción. 1.2 Diodos de potencia. 1.3 Rectificador controlado de silicio. 1.4 IGBT's de Potencia. 1.5 MOSFETs de Potencia. 1.6 Snubbers. 1.7 Disipadores.
2	Convertidores de CD-CD y CD-CA	2.1 Introducción. 2.2 Troceadores. 2.3 Convertidor elevador CD-CD. 2.4 Convertidor reductor CD-CD. 2.5 Rectificador PWM. 2.6 Inversores trifásicos.
3	Interconexión de sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica	3.1 Introducción. 3.2 Controlador de máxima potencia. 3.3 Interconexión a la red.
4	Interconexión de aerogeneradores a la red eléctrica.	4.1 Introducción. 4.2 Control de potencia. 4.3 Control de ángulo de paso. 4.4 Interconexión a la red.
5	Sistemas SCADA	5.1 Introducción al software de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA). 5.2 Topología de un sistema SCADA. 5.3 Protocolos de comunicación en un sistema SCADA. 5.3.1 Introducción al protocolo DNP3.0 5.3.2 Interpretación de mensaje 5.4 IEC61850 estándar para la automatización de las subestaciones. 5.4.1 Diagrama simplificado de comunicación. 5.4.2 Mensaje Goose contra cableado

		<p>convencional.</p> <p>5.5 Tópicos de control.</p> <p>5.6 Tópicos de programación visual para la construcción de interfaces graficas de usuario (GUI).</p> <p>5.7 Seguridad en los sistemas SCADA.</p>
6	Calidad de la Energía Eléctrica	<p>6.1 Introducción a la calidad de la energía eléctrica y eficiencia energética en equipos y sistemas eléctricos.</p> <p>6.2 Armónicas, Abatimientos, fluctuaciones y desbalances de tensión y efectos adversos.</p> <p>6.3 Normas vigentes aplicables.</p> <p>6.4 Impacto causado por la distorsión armónica en el sistema eléctrico</p> <p>6.4.1 Técnicas básicas de filtrado para reducción y/o limitación de la distorsión armónica introducida en un sistema eléctrico.</p> <p>6.5 Empleo de equipo analizador de calidad de la energía eléctrica.</p> <p>6.6 Empleo de medidores para monitoreo de desbalances, fluctuaciones y abatimientos de tensión.</p>

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

<b>Tema 1. Dispositivos semiconductores de potencia.</b>	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Especifica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comprende las características, funcionamiento y aplicaciones de los diversos tipos de componentes electrónicos, especialmente de los utilizados en la construcción de convertidores de potencia.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Busca de información y discrimina por relevancia.</li> <li>Capacidad Oral y escrita.</li> <li>Toma de decisiones.</li> <li>Soluciona Problemas.</li> <li>Desarrolla habilidad para investigar.</li> <li>Trabajo en equipo.</li> <li>Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposición por parte del docente del tema.</li> <li>Elaboración de ensayos que refuercen y complementen los temas abordados por el docente.</li> <li>Búsqueda de Información y características de los componentes vistos en el tema.</li> <li>Comprobación práctica de cada tema desarrollado.</li> <li>Exposición por parte de los alumnos.</li> </ul>

<b>Tema 2. Convertidores de CD-CD y CD-CA</b>	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce el funcionamiento de los convertidores dentro de los sistemas eólicos y fotovoltaicos.</li> </ul> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca información y discrimina por relevancia.</li> <li>• Capacidad Oral y escrita.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Soluciona Problemas.</li> <li>• Desarrolla habilidad para investigar.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición por parte del docente.</li> <li>• Comprobación práctica de cada tema desarrollado</li> <li>• Elaboración de un reporte sobre los tipos de convertidores.</li> <li>• Demostración práctica del funcionamiento y comportamiento de los convertidores.</li> <li>• Simulación de los convertidores mediante software básico para su análisis.</li> </ul>
<b>Tema 3. Interconexión de sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica</b>	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza el proceso de sincronización de una granja fotovoltaica a una red.</li> </ul> <p><b>Genéricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza búsqueda de información y discrimina por relevancia.</li> <li>• Capacidad Oral y escrita.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Soluciona Problemas.</li> <li>• Desarrolla habilidad para investigar.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica.</li> <li>•</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición por parte del docente.</li> <li>• Comprobación práctica de cada tema desarrollado</li> <li>• Simulación de la interconexión utilizando equipo especializado didáctico de redes inteligentes.</li> <li>• El alumno hará un ensayo con el procedimiento de interconexión a la red eléctrica.</li> </ul>
<b>Tema 4. Interconexión de aerogeneradores a la red eléctrica</b>	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p><b>Específica(s):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza el proceso de sincronización de una granja eólica a una red.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulación de la interconexión utilizando equipo especializado didáctico de redes inteligentes.</li> <li>• El alumno hará un ensayo con el</li> </ul>

<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca información y discrimina por relevancia.</li> <li>• Capacidad Oral y escrita.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Soluciona Problemas.</li> <li>• Desarrolla habilidad para investigar.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> </ul>	<p>procedimiento de interconexión a la red eléctrica.</p>
<b>Tema 5. SCADA</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprende la topología y dinámica funcional general de un sistema de control con un software SCADA.</li> <li>• Conocer los conceptos básicos acerca del estándar para la automatización de las subestaciones eléctricas.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca información y discrimina por relevancia.</li> <li>• Capacidad Oral y escrita.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Soluciona Problemas.</li> <li>• Desarrolla habilidad para investigar.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debatar en equipo las ventajas y desventajas del IEC 61850</li> <li>• En base a la observación de un diagrama a bloques simplificado, el docente integrará una mesa redonda en donde se debatirá acerca de las diferencias de emplear Mensaje Goose contra el cableado convencional de protecciones.</li> <li>• Comprobación práctica de cada tema desarrollado</li> <li>• Utilización del sistema SCADA para análisis en el equipo especializado didáctico de redes inteligentes.</li> <li>• Elaboración de ensayos que refuercen y complementen los temas abordados por el docente.</li> </ul>
<b>Tema 5. Calidad de la Energía Eléctrica</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de Aprendizaje</b>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza equipo de medición para determinar desbalances, fluctuaciones y abatimientos de tensión.</li> <li>• Conoce técnicas referentes al filtrado y/o limitación de distorsión de armónicos.</li> </ul> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca información y discrimina por relevancia.</li> <li>• Capacidad Oral y escrita.</li> <li>• Toma de decisiones.</li> <li>• Soluciona Problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer y visualizar los efectos adversos de la inserción de armónicos, utilizar equipo de medición para obtener una gráfica en donde se observe distorsión armónica.</li> <li>• Configurar un equipo de medición que proporcionen al menos 4 parámetros de calidad de la energía.</li> <li>• Mesa redonda en donde se comenten las técnicas para el filtrado de armónicos.</li> </ul>

- Desarrolla habilidad para investigar.
- Trabajo en equipo.

## 8. Prácticas.

1. Funcionamiento, polarización y límites de operación del rectificador controlado de silicio.
2. Funcionamiento, polarización y límites de operación del diodo de potencia.
3. Funcionamiento, polarización y límites de operación del IGBT de Potencia.
4. Funcionamiento, polarización y límites de operación del MOSFET de Potencia.
5. Funcionamiento, polarización y límites de operación del Snubber.
6. Construir y analizar un circuito troceador de CD-CD.
7. Construir y analizar convertidor elevador CD-CD.
8. Comprender el funcionamiento de un inversor PWM.
9. Comprender el funcionamiento de un rectificador PWM.
10. Comprender el sistema de control de un sistema fotovoltaico.
11. Comprender el control de potencia de un aerogenerador.
12. Comprender el control de ángulo de paso de un aerogenerador.
13. Utilizar Interfaces gráficas de usuario en Labview y diversas plataformas de automatización industriales.
14. Emplear el simulador tres dimensiones para ejecutar una maniobra en la IHM.
15. Configurar un equipo de medición que proporcionen al menos 4 parámetros de calidad de la energía eléctrica.

## 9. Proyecto de asignatura.

El objetivo del proyecto que plantee 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 debe ser un proceso continuo, dinámico y flexible enfocado a la generación de conocimientos sobre el aprendizaje, la práctica docente y el programa en sí mismo.
- Debe realizarse una evaluación diagnóstica al inicio del semestre para partir de saberes previos, expectativas e intereses que tengan los estudiantes.
- Durante el desarrollo del curso debe llevarse a cabo una evaluación formativa que permita retroalimentar el proceso de aprendizaje y establecer las estrategias para el logro de los objetivos establecidos.
- Al finalizar el curso debe realizarse una evaluación sumativa que se vincula con aquellas acciones que se orientan a dar cuenta de productos, saberes, desempeños y actitudes que se deben considerar para la calificación.
- Para la evaluación se sugiere utilizar diferentes herramientas tales como: Ejercicios, Reportes de búsqueda de información Portafolio del estudiante, Reporte de proyecto; Presentaciones.

### **11. Fuentes de información.**

1. Robert L. B., Louis N. (2009). Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. Pearson education. Inc.
2. Malvino Albert Paul, Principios de Electrónica Ed. Mc Graw Hill.
3. Muhammad H. Rashid Electrónica de Potencia
4. José Antonio Carta González, Roque Calero Pérez, Antonio Colmenar Santos, Manuel-Alonso Castro Gil, Eduardo Collado Fernández. Centrales de energías renovables Ed. Pearson
5. Daniel W. Hart, Electrónica de Potencia Ed Prentice Hall
6. [www.sie.energia.gob.mx](http://www.sie.energia.gob.mx)
7. Diario oficial de la federación.
8. [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)
9. IEEE.- (Red Book).- Applied Recommendations for Industrial Power Systems.
10. King, R. (2012). Introduction to Data Acquisition with LabView. New York: McGraw-Hill.