

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Calidad y Uso Eficiente de la Energía Eléctrica
Clave de la asignatura:	PLi-1701
SATCA¹	3-4-7
Carrera:	Profesional Asociado en Energía Eléctrica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura.

La asignatura proporciona al Profesional Asociado en energía eléctrica los conocimientos técnicos necesarios para operar y utilizar la información de equipos monitores de calidad de la energía eléctrica, así como emplear la información de equipos de medición necesarios para la evaluación técnica de la eficiencia energética en equipos eléctricos industriales y de la red eléctrica. En esta asignatura adquiere la habilidad diagnóstica para detectar cuando un equipo es afectado por problemas de eficiencia energética, ya sea por los problemas de calidad de la energía eléctrica que se le está suministrando o porque el equipo ya presenta una degradación en sus elementos mecánicos y/o eléctricos. Finalmente, el Profesional Asociado obtendrá las habilidades para el manejo del equipo de medición especializado con la finalidad de obtener la información que permita diagnosticar la calidad y el uso eficiente de la energía eléctrica en equipos eléctricos-mecánicos, sistemas eléctricos y dispositivos para calentamiento-enfriamiento de procesos o espacios.

Se relaciona con todas las asignaturas de tercer y cuarto semestre de esta carrera ya que lo adquirido en Calidad y Uso Eficiente de la Energía Eléctrica es fundamental para obtener una energía eléctrica con parámetros de calidad y eficiencia, en centrales eléctricas por ejemplo, se aplica durante la aplicación del mantenimiento eléctrico competencia específica: Aplica las diversas técnicas y metodologías para realizar el mantenimiento Predictivo, Preventivo y Correctivo de los circuitos eléctricos y componentes del sistema de Generación de la Central. En Control supervisorio tema 7, Monitoreo de la Calidad de la Energía Eléctrica se lleva a cabo la configuración de equipos de medición que proporcionen parámetros de calidad de la energía.

Intención didáctica

El docente, en los diversos temas que integran esta asignatura, explica y demuestra la problemática de la calidad de la energía eléctrica que ocurre en las señales de tensión y de corriente y que repercute de manera negativa en la operación y eficiencia de las redes y equipos eléctricos, el docente muestra las diferentes medidas de calidad de la energía eléctrica. Así mismo se abordan aspectos operativos en máquinas y redes eléctricas que presentan problemas de eficiencia energética, tanto a nivel mecánico como nivel eléctrico, permitiendo al Profesional Asociado reconocer los potenciales problemas que reducen la

eficiencia energética de los sistemas o equipos eléctricos. Finalmente, el docente permitirá que los estudiantes operen equipos de medición especializado en el campo de la calidad y uso eficiente de la energía eléctrica, buscando la obtención de información de estos estudios de manera segura y adecuada.

El docente debe enfatizar al alto impacto que causa la introducción de armónicos en la red de energía eléctrica en todos los niveles de potencia. Las competencias genéricas que desarrolla en esta asignatura son principalmente capacidad de abstracción, análisis y síntesis, capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, capacidad para organizar y planificar el tiempo, capacidad de comunicación oral y escrita, habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación, capacidad de investigación, capacidad de aprender y actualizarse permanentemente, capacidad para actuar en nuevas situaciones, capacidad para identificar, plantear y resolver problemas, habilidad para trabajar en forma autónoma, capacidad de trabajo en equipo, compromiso con la calidad y capacidad para tomar decisiones.

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"> • Conoce y aplica los conceptos empleados en calidad de energía eléctrica y eficiencia energética. • Utiliza equipo de medición especializado para la obtención de índices de calidad de la energía eléctrica. • Aplica las normativas en el ámbito de la calidad de la energía eléctrica. • Identifica y determina aspectos de eficiencia energética en diversos equipos eléctricos por los problemas de desbalance, abatimientos y contaminación armónica. • Conoce el impacto de la resonancia en la corrección del factor de potencia en redes eléctricas con contaminación armónica. • Detecta las posibles fuentes de pérdidas en procesos eléctricos y mecánicos. • Conoce y asume las medidas de seguridad para realizar auditorías. • Realiza un levantamiento de datos de cargas que consumen energía, considerando las horas estimadas de uso.

5. Competencias Previas

<ul style="list-style-type: none"> • Aplica los conceptos y leyes siguientes; Ohm, Coulomb, Faraday, Ampere • Aplica Ley de Tensiones y Ley de Corrientes de Kirchhoff • Conoce métodos y equipos de medición para circuitos eléctricos de Corriente Alterna. • Realiza conexión de circuitos y equipos eléctricos. • Conoce la operación básica de máquinas eléctricas y transformadores eléctricos.
--

6. Temario

No	Temas	Subtemas
1	Introducción a la calidad y uso eficiente de la energía eléctrica	1.1 Conceptos elementales de la calidad de la energía eléctrica. 1.2 Formas de onda con la calidad de la energía eléctrica y problemas. 1.3 Demostraciones y conceptos de carga lineal y no lineal. 1.4 Eficiencia energética en equipos y sistemas eléctricos. 1.5 Pérdidas en equipos y sus orígenes 1.6 Interacciones de fuentes de energía eléctrica y el impacto medioambiental.
2	Variaciones de tensión RMS	2.1 Abatimientos, fluctuaciones y desbalances de tensión 2.2 Normas aplicables y curvas ITIC/CBEMA. 2.3 Obtención de desbalances en sistemas trifásicos, fluctuaciones y

		<p>abatimientos de tensión.</p> <p>2.4 Efectos adversos en máquinas eléctricas rotativas, transformadores y circuitos trifásicos</p> <p>2.5 Obtención de la eficiencia energética de máquinas eléctricas rotativas, transformadores y circuitos eléctricos.</p> <p>2.6 Uso de medidores para monitoreo de desbalances, fluctuaciones y abatimientos de tensión.</p>
3	Distorsión armónica en las formas de onda	<p>3.1 Conceptualización de armónicas.</p> <p>3.2 Normas aplicables.</p> <p>3.3 Cargas no lineales y el espectro armónico típico</p> <p>3.3.1 Monitoreo de señales contaminadas por cargas no lineales</p> <p>3.3.2 Obtención y medición de índices de distorsión armónica.</p> <p>3.4 Conceptos de resonancias y sus efectos en capacitores y redes eléctricas.</p> <p>3.5 Efectos adversos en máquinas eléctricas rotativas, transformadores factor K, protecciones y alimentadores.</p> <p>3.6 Corrección del factor de potencia en redes con armónicas.</p> <p>3.7 Uso de medidores para monitoreo de armónicos.</p>
4	Eficiencia energética en equipos y sistemas	<p>4.1 La eficiencia energética, energía, trabajo y pérdidas. Conceptos</p> <p>4.2 Determinación de fuentes de pérdidas eléctricas en máquinas eléctricas rotativas, transformadores y alimentadores.</p>
5	Introducción a los diagnósticos energéticos	<p>5.1 Introducción a la auditoría energética</p> <p>5.1.1 Medidas de seguridad en auditorías.</p> <p>5.3 Determinación de las variables del entorno que afectan los consumos de energía.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

TEMA 1. Introducción a la calidad y uso eficiente de la energía eléctrica	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Específica (s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoce el concepto de calidad de la energía eléctrica y lo aplica en la medición de las señales eléctricas obtenidas de la conexión de cargas lineales y no lineales, utilizando equipos analizadores de calidad de la energía eléctrica. • Aplica los conceptos de eficiencia energética que le permite determinar las principales fuentes de pérdidas de energía. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer y aplicar, mediante una práctica con equipo de laboratorio, el concepto de calidad de la energía eléctrica en ondas senoidales que contienen desviaciones con respecto a la onda idealizada. • Obtención de las formas de onda de corriente que consume una carga lineal y una no lineal, utilizando el equipo analizador de calidad de la energía eléctrica. • Reconocer el concepto de pérdidas en equipos y sistemas eléctricos para aplicarlo en la determinación de la eficiencia energética, visualizándolo en práctica en donde utilice equipos analizadores de calidad de la energía eléctrica.
TEMA 2. Variaciones de tensión RMS	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Específica (s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoce, mide y experimenta desbalances, fluctuaciones y abatimientos de tensión como condiciones adversas en la operación de máquinas eléctricas trifásicas rotativas, transformadores y alimentadores trifásicos, al generar 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las causas de los abatimientos, fluctuaciones y desbalances de tensión en los alimentadores, asociando esto al concepto de caída de tensión en los conductores eléctricos. • Conocer y visualizar los efectos adversos de los abatimientos, fluctuaciones y desbalances de tensión en el

<p>vibraciones indeseadas y aumento de temperatura.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determina conceptualmente y experimentalmente la pérdida de eficiencia en máquinas eléctricas trifásicas rotativas, transformadores y alimentadores trifásicos. • Utiliza equipo de medición para determinar desbalances, fluctuaciones y abatimientos de tensión. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	<p>transformador Utilizar equipo de medición para obtener las variaciones de tensión mencionadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relacionar la curva ITIC/CBEMA con los abatimientos de tensión en alimentadores. • Determinar la eficiencia en equipos eléctricos utilizando información de equipos de medición.
---	---

TEMA 3. Distorsión armónica en las formas de onda

Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Específica (s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoce y mide la distorsión armónica en la corriente y tensión con cargas no lineales, determinando los índices de distorsión armónica que le permite evaluar los índices de armónicos establecidos en la normatividad vigente. • Utiliza equipo analizador de calidad de la energía eléctrica para determinar los índices de contaminación armónica. • Determina las necesidades de la evaluación de la contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar equipo de medición para obtención del espectro armónico de las señales eléctricas y de los índices de distorsión armónica. • Conocer el concepto y los efectos de las resonancias armónicas por la existencia de elementos inductivos y capacitivos para corrección del factor de potencia en el sistema eléctrico. • Conocer los efectos adversos de la resonancia sobre los capacitores. • Conocer y evaluar la normatividad en contaminación armónica.

<p>armónica en el problema de la corrección del factor de potencia.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	
TEMA 4. Eficiencia energética en equipos y sistemas	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Específica (s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconoce la relación entre energía, trabajo, calor y pérdidas que conlleva a la determinación de la eficiencia de cualquier equipo o sistema eléctrico, además reconoce la existencia de fuentes de pérdidas, ya sean eléctricas y/o mecánicas, en las máquinas eléctricas rotativas, transformadores y alimentadores. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer y comprender el concepto de eficiencia energética al relacionar los términos de energía, trabajo, calor y pérdidas.

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas. 	
TEMA 5 Introducción a los diagnósticos energéticos	
Competencias	Actividades de Aprendizaje
<p>Específica (s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoce aspectos básicos del proceso de una auditoría al realizar la visita en campo que le permite preguntar y reconocer potenciales proyectos de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica • Adquiere las medidas de seguridad necesarias para llevar a cabo una auditoría <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de abstracción, análisis y síntesis • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación. • Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas. • Habilidades interpersonales. • Capacidad de trabajo en equipo. • Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer las etapas que contiene una auditoría energética y se resaltan aquellas etapas en las que se trabajará en esta unidad de aprendizaje. • Conocer y adoptar las medidas de seguridad necesarias para realizar una auditoría.

8. Prácticas

1. Conocimiento de equipo medidor analizador de calidad de la energía eléctrica: configuraciones, rangos de medición y tipos de sensores de corriente.
2. Medición de tensiones y corrientes con cargas lineales y/o no lineales, y en terminales de la fuente eléctrica, empleando circuitos con impedancias serie para la evaluación de las caídas de tensión.
3. Medición trifásica de corrientes y/o tensiones desbalanceadas mediante circuitos con impedancias serie de diferentes valores alimentando carga lineal.
4. Medición de abatimientos de tensión por conexión acumulativa de cargas en circuito con impedancia serie.
5. Determinación de la eficiencia energética en motor eléctrico trifásico mediante la prueba de dinamómetro y el problema del desbalance de tensión.
6. Medición de la contaminación armónica y determinación de índices armónicos en diferentes carga no lineales.

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. Francisco C. De La Rosa, "Harmonics in Power Systems", CRC press / balkema taylor & francis group
2. Paschal, J., Practical Guide to Power Factor Correction and Harmonics and Your Electric Bill (Practical Guide Series). Kansas: Intertec Publishing Corp.
3. Enriquez G. El Abc de la calidad de la energía eléctrica. México: Limusa.
4. Dugan R.C., McGranaghan M.F., Beaty H.W. y Santoso S. Electrical Power System Quality. United State: McGraw-Hill. 2012.
5. Alcotzi H., Revisión de la normatividad en la aplicación de motores, de inducción, de eficiencia alta. Cuernavaca México: IIE.
6. Normas oficiales mexicanas de ahorro energético. NOM-014-ENER-1997, NOM-016-ENER-1997.
7. Normas oficiales mexicanas de ahorro energético. NOM-007-ENER-1995, NOM-013-ENER-1996.
8. Patrik Thollander • Jenny Palm, Improving Energy Efficiency in Industrial Energy Systems, An Interdisciplinary Perspective on Barriers, Energy Audits, Energy Management, Policies, and Programs, Springer, 2013.
9. Ian M. Shapiro, Energy Audits and Improvements for Commercial Buildings, Wiley, 2016.
10. Wayne C Turner, Energy Management Handbook. USA: Fairmont Press, Inc. 2012
11. Albert Thumann. Handbook of Energy Audits, Ninth Edition. USA: Fairmont Press, 2012
12. Steve Doty. Commercial Energy Auditing Reference Handbook, Second Edition. USA: Fairmont Press. 2010
13. Michael Frank Ordeski. Dictionary of Energy Efficiency Technologies. USA: Fairmont Press; 3 edition.
14. Estándares de IEEE 519-2014, 1159-2003, 1250-2011, 1366-2010
15. <http://www.dof.gob.mx/> Diario Oficial de la Federación
16. <http://www.conuee.gob.mx/wb/>

17. www.fide.org.mx
18. www.sie.energia.gob.mx
19. www.cfe.gob.mx