

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	<b>Subestaciones Eléctricas</b>
<b>Clave de la asignatura:</b>	<b>EMF-1027</b>
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	<b>3-2-5</b>
<b>Carrera:</b>	<b>Ingeniería Electromecánica</b>

## 2. Presentación

<p><b>Caracterización de la asignatura</b></p> <p>Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Electromecánico las herramientas para formular, gestionar y evaluar proyectos de ingeniería relacionados con sistemas y dispositivos en el área electromecánica, proponiendo soluciones con tecnologías de vanguardia, en el marco del desarrollo sustentable, así como el diseñar e implementar sistemas y dispositivos electromecánicos, utilizando estrategias para el uso eficiente de la energía en los sectores productivo y de servicios apegado a normas y acuerdos nacionales e internacionales con la finalidad de proyectar, gestionar, implementar y controlar actividades de instalación y operación de los sistemas electromecánicos.</p> <p>La asignatura de Subestaciones Eléctricas, se inserta al final del plan reticular y se requiere para abordar esta asignatura, conocimientos anteriores como;</p> <p>Transformadores, Mediciones eléctricas, Normas Eléctricas, Circuitos Polifásicos, Instalaciones Eléctricas Industriales, Parámetros de líneas aéreas de transmisión y protecciones eléctricas entre otros.</p> <p>De manera particular, lo trabajado en esta asignatura se aplica en el estudio de los temas: Equipos Primarios y Secundarios de una Subestación Eléctrica, Estructuras, Tierras y Diagramas Unificares, Pruebas de Rutinas en Transformadores, culminando con la aportación de los conocimientos adquiridos con un elaboración de un Proyecto de una Subestación Eléctrica.</p> <p>Los conocimientos adquiridos en esta asignatura, capacitar al alumno para el análisis e interpretación de planos, diagramas e instalación de equipo de acuerdo a las normas, especificaciones, códigos y manuales para el diseño, selección, operación y mantenimiento de una subestación eléctrica.</p>
<p><b>Intención didáctica</b></p> <p>La presente asignatura está conformada por cinco temas. En el primer tema se abordan los temas relacionados con los componentes principales que forman una subestación eléctrica con la finalidad de que el alumno los conozca y los clasifique.</p> <p>En el tema dos conocerán los equipos eléctricos de los sistemas de control y de respaldo de energía. Para el tercer tema se estudia y clasifica a los diferentes tipos de estructuras, tierras y diagramas unifilares, también en esta Unidad se calculará y medirá redes de tierras.</p> <p>Para el tema cuatro se abordarán las pruebas de rutina para los transformadores y los procedimientos para llevarlas a cabo. En último tema aplicando los conocimientos previos, se elaborará un proyecto de diseño de una subestación eléctrica de un tipo específico.</p> <p>Se sugiere que para esta asignatura, las actividades de aprendizaje que el alumno desarrolle promuevan la investigación documental y de campo, el análisis y discusión de la información. Es importante que el alumno aprenda a valorar las actividades programadas y que aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo tanto personal como grupal.</p>

<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 Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Centla, Ciudad Jiménez, Ciudad Juárez, Delicias, Huichapan, Irapuato, Jocotitlán, La Sierra Norte de Puebla, Lagos de Moreno, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Libres, Linares, Los Mochis, Minatitlán, Occidente del Estado de Hidalgo, Ocotlán, Oriente del Estado de Hidalgo, Parral, Puerto Vallarta, Tamazula De Gordiano, Tijuana, Tlalnepantla, Tlaxco, Toluca, Tuxtepec, Xalapa y Zacatecas.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero del 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Centla, Ciudad Jiménez, Ciudad Juárez, Huichapan, Irapuato, Jocotitlán, La Sierra Norte de Puebla, Lagos de Moreno, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Libres, Los Mochis, Mexicali, Minatitlán, Occidente del Estado de Hidalgo, Ocotlán, Oriente del Estado de Hidalgo, Parral, Puerto Vallarta, Tamazula de Gordiano, Tlaxco, Toluca, Tuxtepec, Xalapa y Zacatecas.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Oriente del Estado de Hidalgo, La Paz, La Región Sierra, Los Cabos, Delicias, Ensenada, Chihuahua, Iguala, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Los Ríos, Matamoros, Minatitlán, Mulegé, Nuevo Casas Grandes, Puerto Progreso, Puerto Vallarta, Tapachula y Zacatepec.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.

<p>Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.</p>	<p>Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.</p>
<p>Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiario, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).</p>	<p>Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.</p>

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

<p align="center"><b>Competencia(s) específica(s) de la asignatura</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifica las partes que conforman el equipo primario y secundario de una subestación Eléctrica para realizar el análisis de la subestación.</li> <li>• Identifica y conoce la función y operación de los interruptores de potencia de las cuchillas fusibles y los apartarrayos, utilizados en una subestación eléctrica los cuales se emplean en la protección del transformador de potencia.</li> <li>• Selecciona los equipos primarios utilizados en una subestación eléctrica logrando un buen diseño de la subestación.</li> <li>• Identifica e interpreta la simbología utilizada en los planos y diagramas eléctricos del equipo primario de la subestación eléctrica para entender su funcionamiento.</li> <li>• Elabora un programa de mantenimiento para el equipo primario de una subestación eléctrica logrando la continuidad de operación.</li> </ul>

#### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conoce la construcción, conexión y principio de funcionamiento del transformador, motor de inducción trifásico, máquinas síncronas modernas y motores de corriente directa.</li> <li>• Identifica y utiliza los diferentes instrumentos de medición de variables mecánicas y eléctricas; apoyándose en las normas nacionales e internacionales vigentes.</li> <li>• Conoce las bases teórico-prácticas para proyectar y operar instalaciones eléctricas de tipo residencial, comercial, industrial y especial acorde a las normas vigentes.</li> </ul>
---

## 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Equipos primarios de una subestación eléctrica.	1.1. Definición, clasificación y elementos constitutivos de una subestación. 1.2. Clasificación y tipos de enfriamiento en Transformadores de potencia. 1.3. Interruptores de potencia. 1.3.1. Interruptores de gran volumen de aceite. 1.3.2. Interruptores en aire. 1.3.3. Interruptores de vacío. 1.3.4. Interruptores de hexafloruro de Azufre. 1.3.5. Especificación y selección de Interruptores de Potencia. 1.4. Cuchillas y Fusibles. Definición, clasificación, especificación y operación 1.5. Apartarrayos. 1.5.1. Definición y operación de Apartarrayos 1.5.2. Naturaleza de las sobretensiones
2	Equipos secundarios y de protección.	2.1 Transformadores de instrumento. 2.1.1 Transformadores de corriente (TCs) 2.1.2 Transformadores de potencial (TPs) 2.2 Bancos de baterías. 2.3 Bancos de capacitores. 2.4 Tableros de transferencia. 2.5 Protección por relevadores: buchholz diferenciales, de sobrecorriente, de distancia, y de falla a tierra 2.6 protecciones especiales
3	Estructuras, tierras y diagramas unifilares.	3.1. Clasificación de los diferentes tipos de estructuras: Para subestaciones, Para líneas de transmisión. 3.2. Sistemas de tierras. 3.2.1. Clasificación de sistemas de tierras. 3.2.2. Cálculo de tensiones de paso y de contacto. 3.2.3. Cálculo de la red de tierras. 3.3. Diagramas unifilares. Simbología y tipos de subestaciones.
4	Pruebas de rutina a transformadores.	4.1. Pruebas de polaridad y relación de Transformación. 4.2. Pruebas de rigidez dieléctrica del aceite. 4.3. Pruebas de resistencia de aislamiento.

		4.4. Pruebas al sistema de tierras. 4.5. Mantenimiento de transformadores.
5	Proyecto de una subestación eléctrica.	5.1 Selección de partes constitutivas de la subestación. 5.2 Consideraciones económicas.

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Equipos primarios de una subestación eléctrica.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce y clasifica los componentes principales que forman una Subestación Eléctrica de Potencia, para poder identificarlos y en base a esto programar los sus mantenimientos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar, la definición y clasificación de los elementos de una subestación por orden de importancia.</li> <li>• Investigar de los transformadores eléctricos de potencia, sus componentes principales, su funcionamiento y operación, los tipos de enfriamiento y la clasificación.</li> <li>• Investigar de los interruptores de potencia su definición, operación y clasificación con el apoyo de los libros de texto, catálogos e internet.</li> <li>• Mediante una investigación en distintas fuentes, clasificar y comentar la operación de cuchillas Seccionadoras.</li> <li>• Elaborar un mapa conceptual que relacione los componentes principales de una subestación eléctrica.</li> </ul>
2. Equipos secundarios y de protección.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce e identifica los equipos eléctricos de los sistemas de control y de respaldo de energía, para el buen funcionamiento de una subestación eléctrica.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma y trabajo grupal.</li> <li>• Conocimientos generales básicos.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar y discutir en clase el funcionamiento de transformadores de instrumento, sus tipos de conexión y sus capacidades (Burden).</li> <li>• Investigar el funcionamiento y los componentes de un banco de baterías, tipo de protecciones de los transformadores y su aplicación</li> <li>• Discutir el funcionamiento y los componentes de un banco de capacitores.</li> <li>• Clasificar los tipos de tableros.</li> <li>• Programar el mantenimiento a equipo secundario.</li> </ul>
3. Estructuras, tierras y diagramas unifilares.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Clasifica, identifica y selecciona los distintos tipos de estructuras utilizadas en las subestaciones eléctricas y en las líneas de transmisión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar mediante un trabajo colaborativo la clasificación, identificación y selección de las diferentes estructuras utilizadas en</li> </ul>

<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.</li> <li>Solución de problemas.</li> </ul>	<p>Subestaciones y para líneas de transmisión de acuerdo a los niveles de voltaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Calcular valores de Paso y de Contacto que cumplan con la normatividad.</li> <li>Calcular, proyectar y diseñar el sistema de tierras utilizado en una subestación eléctrica.</li> <li>Identificar e interpretar los distintos diagramas unificares utilizados en los diferentes tipos de subestaciones eléctricas.</li> </ul>
4. Pruebas de rutina a transformadores.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce e Identifica las pruebas y procedimientos de rutina para los transformadores.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de organizar y planificar.</li> <li>Conocimientos generales básicos.</li> <li>Compromiso ético.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar, analizar y describir los métodos y procedimientos de prueba para medir:</li> <li>Polaridad y relación de transformación, rigidez dieléctrica del aceite, resistencia de aislamiento y de tierras y aplicar las normas existentes.</li> <li>Elaborar un programa de mantenimiento mayor, menor y de rutina aplicado a los transformadores.</li> </ul>
5 Proyecto de una subestación eléctrica.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Elaborará el proyecto de una subestación.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidades básicas de manejo de la computadora.</li> <li>Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicar los conceptos aprendidos para la elaboración de un proyecto.</li> <li>Presentar los resultados del proyecto en un documento escrito.</li> <li>Aplicar los conocimientos adquiridos en el diseño y elaboración de una maqueta.</li> </ul>

## 8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de las partes de una subestación eléctrica en una visita a una subestación.</li> <li>Pruebas de polaridad y relación de transformación.</li> <li>Pruebas de rigidez dieléctrica del aceite.</li> <li>Pruebas de resistencia de aislamiento.</li> <li>Pruebas al sistema de tierra.</li> <li>Prueba de relación de transformación.</li> <li>Practica con transformadores de instrumento.</li> <li>Practica de mantenimiento con cámara termo gráfica.</li> </ul>
---

## 9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Fundamentación:</b> marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los</li> </ul>
---

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

- Instrumentos y herramientas sugeridas para evaluar las actividades de aprendizaje:
- Participación del alumno en clase.
- Examen de diagnóstico por unidad.
- Revisión y exposición de ejercicios extra clase.
- Análisis y revisión de las actividades de investigación.
- Solución e interpretación de problemas resueltos con apoyo del software.
- Exposición de temas relacionados con la materia.
- Entrega de trabajos de investigación y de visitas en equipo.
- Resolución de problemas prácticos en dinámicas grupales.
- Valorar la entrega de reportes mediante una rúbrica para todos los trabajos, visitas a empresas, prácticas, maquetas etc., para fomentar la responsabilidad
- Cumplimiento en tiempo y forma con las actividades encomendadas.

## 11. Fuentes de información

1. Garik & Whiplple, D. (1970). Máquinas de corriente alterna (2ª Edición). México: C.E.C.S.A.
2. Siskind, C. (2002). Máquinas Eléctricas (3ª Ed.). México: Mc Graw Hill.
3. Harold, W. (2006). Máquinas Eléctricas, Transformadores y Controles (4ª Ed.). México: Prentice Hall.
4. Snajurjo, R. (1998). Máquinas Eléctricas (1ª Edición). México: Mc Graw Hill.
5. Harper, G. (1982). Subestaciones (2ª Edición). México: Limusa.
6. Stevenson, W.(1996). Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia (2ª Edición). Mexico: Mc Graw Hill.
7. Martin, J. (1992). Diseño de subestaciones eléctricas (2ª Edición). México: Mc
8. Graw Hill.
9. Harper, E. (2002). Elementos de diseño de subestaciones eléctricas (2ª Edición). México: Limusa.
10. Zopetti G. (1982). Estaciones Transformadoras y de distribución (1ª Edición). Barcelona: GG.