



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Electrificación ferroviaria
Clave de la asignatura:	EMF - 2502
SATCA¹:	3-2-5
Carreras:	Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Mecatrónica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Electromecánico y del Ingeniero mecatrónico los conocimientos suficientes para realizar proyecciones y desarrollo tecnológico en el ámbito ferroviario para el control, iluminación y fuerza de edificios y vías férreas en niveles de baja, media y alta tensión, aplicando las normatividades nacionales e internacionales vigentes que le apliquen para poder actuar sobre un marco legal y técnico que de ellas emana. Además, proporciona los conocimientos necesarios para mantener y mejorar las condiciones de operación para el uso eficiente y eficaz de los sistemas ferroviarios en materia de energía eléctrica. Para lograr lo anterior se han examinado los diferentes temas que se involucran en las instalaciones eléctricas y en la electrificación ferroviaria, se han deducido los temas más importantes y de mayor aplicación en el campo profesional para el ingeniero electromecánico y mecatrónico en la electrificación ferroviaria. Los contenidos deberán aplicar para determinar las soluciones de problemáticas en las ferrovías reales, de tal forma que se hace necesario el uso de catálogos de fabricantes de equipo, materiales eléctricos y de iluminación, estos productos deberán ser los ofrecidos en el mercado nacional o internacional para su análisis dentro de los ejercicios que se desarrollen en la materia. Los conocimientos adquiridos en esta materia permiten realizar cualquier instalación eléctrica y de electrificación de vías férreas de forma segura, económica y funcional.

Intención didáctica
Esta asignatura está compuesta por cuatro temas: En el primer tema se abordan conceptos generales que permiten entrar en un contexto de la electrificación ferroviaria reforzando los conocimientos previos adquiridos por el estudiante mediante la inducción-deducción encaminadas a la práctica donde se realiza la recolección virtual o escrita, estudio y análisis de las principales normas internacionales que infieren en las instalaciones eléctricas y electrificación ferroviaria y los elementos que lo conforman, aportando una sólida fundamentación al curso, el cual se guiará hacia el conocimiento y manejo de los principales requisitos que deben contener los proyectos con la finalidad de ser aprobados por la autoridad competente, así como, para la liberación de un proyecto eléctrico, tales como: planos,

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos



diagrama unifilar, cuadros de distribución de cargas por circuito, lista de materiales y memoria técnica (cálculo de corto circuito y sistema de tierras).

En el tema dos el estudiante analiza y comprende los cálculos de calibre de conductores eléctricos y tamaño de las canalizaciones, así como de los circuitos derivados y protecciones tanto para alumbrado como para fuerza incluyendo motores y sus respectivos arrancadores hasta la construcción e interpretación del diagrama unifilar de la instalación.

En el tema tres, se introduce a la clasificación de los sistemas de alimentación eléctrica y los componentes que la constituyen, así como los elementos y funcionamiento de una subestación eléctrica, siendo esta última uno de los componentes más importantes para el suministro de la energía eléctrica dentro de la electrificación ferroviaria.

Por último; en el tema cuatro se abordarán contenidos referentes a la electrificación ferroviaria en específico a través de catenaria o alimentación eléctrica a través de tercer riel.

El enfoque sugerido para la asignatura requiere actividades prácticas frente al pizarrón y en planos virtuales o en papel que promuevan el manejo y lectura de símbolos eléctricos y que permitan la construcción y análisis de los diagramas unifilares de las instalaciones en cuestión, ayudando al estudiante a conceptualizar a partir de lo observado. En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el docente investigue ejemplos de instalaciones reales para guiar a sus estudiantes, a fin de que ellos identifiquen las diferentes variables a las que se van a enfrentar dependiendo del tipo de instalación y con esto aprendan a planificar el trabajo a desarrollar. Se abordan las normas al comienzo del curso buscando una visión de conjunto de las instalaciones eléctricas y de la electrificación ferroviaria. Al estudiar cada norma y aplicarla de manera reiterada permite al estudiante comprenderlas con mayor facilidad induciendo el aprendizaje significativo, oportuno e integrado de cada equipo.

Las actividades sugeridas son: actividades adicionales (congresos, talleres, cursos, MOOCS, entre otros) que complementen los temas, con la finalidad de partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se pretende iniciar con experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los elementos que conforman una instalación eléctrica en ferrovías y no sólo sean ejemplos supuestos. Es importante que el docente muestre escenarios distintos que faciliten el aprendizaje, promueva visitas a instalaciones férreas y conferencias impartidas por expertos.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
FORO DEL ESTADO DE MÉXICO PARA LA CONSOLIDACIÓN DE LOS PROYECTOS ESTRATÉGICOS	Dr. Jorge Sánchez Jaime Ing. Rodolfo Almazán Celis Dr. Héctor García de la Rosa Dr. Omar García de la Rosa	Tecnológicos participantes:



Instituto Tecnológico de Toluca, octubre 2024.	M. en C. Daniel Hernández González M. en T.E. Manuel Ortiz Fosado M. en T.E. Víctor Raúl Camargo Ruíz M. en S.H.O.S. Aaron Hernaél Reyes Muciño M. en I. Margarito Carbajal Suárez Ing. Miguel Ángel Terrazas Magaña Ing. Raquel Merari García Galván Ing. Onésimo Antonio Ayala Elizais Ing. Ana Elizabeth Díaz Arzate Ing. Isabel Reyes Muciño	• Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli • Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec • Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec • Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco • Instituto Tecnológico de Tlalnepantla • Instituto Tecnológico de Toluca
---	---	---

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Planea y realiza instalaciones para la electrificación ferroviaria de fuerza, control e iluminación identificando y supervisando la correcta operación de los equipos eléctricos en las diferentes áreas de trabajo, determinando que se encuentren dentro las regulaciones vigentes en materia de energía eléctrica para salvaguardar en todo momento la seguridad de los usuarios y el funcionamiento de los sistemas ferroviarios.

5. Competencias previas

• Dibuja e interpreta diagramas esquemáticos de circuitos eléctricos, mecánicos y electrónicos. • Conoce e interpreta los parámetros de voltaje, corriente y resistencia de circuitos de C. A. y C. D. • Usa e interpreta adecuadamente los instrumentos de medición eléctrica para monitoreo y verificación de parámetros. • Soluciona circuitos monofásicos y trifásicos de C.A. • Conoce e identifica de forma clara los conceptos de potencia Real, Reactiva y aparente, triángulo de potencias y factor de potencia. • Preferentemente debe traer conocimientos de manejo de AutoCad o algún software en el que pueda realizar o dibujar sus propios planos. • Conocimiento del manejo de software para solución de redes eléctricas y flujos de potencia.

6. Temario



No.	Temas	Subtemas
1	Introducción.	1.1 Sistemas de alimentación ferroviaria (contexto) 1.2 Fasores. 1.3 Circuito eléctrico de corriente alterna 1.3.1 Tipos de conexión más comunes: combinaciones entre estrella y delta. 1.4 Triángulo de potencias y Factor de potencia. 1.5 La figura de la Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas (UVIE). 1.6 Normas internacionales en materia de electrificación de ferrovías y catenaria.
2	Conductores eléctricos y canalizaciones.	2.1 Conductores eléctricos. 2.2 Cálculo y selección de canalizaciones y protecciones en ferrovías. 2.2.1 Selección de dispositivos de protección con base a su capacidad interruptiva. 2.2.2 Coordinación de protecciones. 2.3 Sistemas de Tierra según normas vigentes. 2.4 Consideraciones de planeación: Sistemas de distribución, instalación baja tensión, acometidas, cálculo de carga y capacidad del transformador. 2.5 Distancias mínimas en espacios de trabajo según las normas vigentes.
3	Tensiones de alimentación y subestaciones eléctricas.	3.1 Clasificación. 3.1.1 Sistema de alimentación. 3.1.2 Tipo de corriente CD o CA. 3.1.3 Tipo de contacto: riel conductor (tercer riel) y línea aérea (catenaria). 3.2 Elementos de un sistema de electrificación ferroviaria. 3.2.1 Generación y líneas de transporte. 3.2.1.1 Sistema Eléctrico de Potencia Interconectado. 3.2.1.2 Niveles de tensión 3.2.1.3 Líneas de transporte. 3.3 Subestaciones eléctricas en vías férreas 3.3.1 Definición, Construcción e interpretación de diagramas unifilares. 3.4 Elementos de una subestación eléctrica. 3.4.1 Elementos primarios. 3.4.2 Elementos secundarios. 3.4.3 Pruebas de recepción y mantenimiento de equipo eléctrico.

4	Electrificación y captación de corriente.	4.1 Circuito Ferroviario. 4.1.1 Alimentador Positivo. 4.1.2 Alimentador de acompañamiento. 4.1.3 Alimentador negativo. 4.1.4 Tercer riel. 4.2 Sistemas de captación de corriente modernos. 4.3 Seguridad personal en sistemas de electrificación ferroviaria.
---	---	--

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Introducción	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): - Comprende los conceptos de variables de naturaleza eléctrica, tanto monofásicos como trifásicos para aplicarlos en la electrificación de sistemas ferroviarios. - Explica requisitos y normativa en la instalación eléctrica y liberación de proyectos eléctricos emitidos por una Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas (UVIE) de un sistema ferroviario en cualquier entorno y región. Genérica(s): - Capacidad de análisis y síntesis. - Capacidad de comunicación oral y escrita. - Capacidad de investigación. - Capacidad de trabajo en equipo.	- Realizar una búsqueda de literatura, en revistas y videos acerca de los sistemas de alimentación eléctrica de los sistemas ferroviarios y los expondrán en clase. - Elabora una presentación de los sistemas de alimentación eléctrica, etc. - Resuelve problemas relacionados con los circuitos eléctricos de C.A monofásicos y trifásicos con la aplicación de los conceptos de voltaje, corriente y potencia, así como determinar el factor de potencia. - Realizar prácticas de circuitos eléctricos monofásicos y trifásicos, utilizando los equipos de medición pertinentes. - Realiza simulaciones incorporando nuevas tecnologías en software especializado reafirmando los resultados que se determinaron en el laboratorio. - Elabora reporte de prácticas realizadas en el laboratorio. - Elaborar un reporte sobre los requisitos que deben tener los sistemas ferroviarios en materia de energía eléctrica de acuerdo con Normas Nacionales e Internacionales. - Realizar un tríptico sobre la figura de las UVIE's. - Realizar una evaluación escrita.

2. Conductores eléctricos y canalizaciones.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): • Calcula el calibre de los conductores eléctricos y el tamaño de las canalizaciones para la instalación de un sistema ferroviario, que permita el correcto funcionamiento de los motores, arrancadores, trenes y vías. • Analiza los sistemas y coordinación de protecciones, de puesta a tierra y contra sobretensiones que evitan y reducen las posibles fallas presentadas en una instalación eléctrica del sistema ferroviario. Genérica(s): • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de investigación. • Habilidad para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.	• Elaborar un mapa conceptual de la clasificación y tipos de aislamiento de los conductores eléctricos. • Utilizar las nuevas tecnologías en tipos de conductores y canalizaciones. • Resolver problemas para seleccionar el calibre de los conductores y su aislamiento, así como del tipo y tamaño de la canalización de acuerdo con el ambiente en el que serán expuestos. • Realizar prácticas de instalaciones eléctricas de iluminación y arranque de motores en el laboratorio. • Realizar reportes de prácticas. • Implementar herramientas tecnológicas en protecciones. • Seleccionar a través de cálculos la capacidad de los sistemas de protecciones como son los interruptores, fusibles y sobretensiones. • Realizar una evaluación escrita.

3. Tensiones de alimentación y subestaciones eléctricas.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): • Analiza los elementos que componen la electrificación de sistemas ferroviarios, desde las fuentes de alimentación hasta el manejo del Sistema Eléctrico de Potencia Interconectado. • Diseña y modela una subestación eléctrica para el suministro de la energía eléctrica dentro de los sistemas ferroviarios. Genérica(s): • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Capacidad de comunicación oral y escrita	• Realizar visitas técnicas en campo donde se observen los sistemas eléctricos ferroviarios. • Realizar reportes de las vistas técnicas en equipos de trabajo. • Incorporar y utilizar herramientas tecnológicas innovadoras en la electrificación de sistemas ferroviarios. • Investigar las nuevas tecnologías en los equipos que conforman una subestación eléctrica. • Realizar un proyecto de una subestación eléctrica calculando y seleccionado todos sus componentes dejándolo por escrito sobre planos y memoria técnica y lo defiende en clase. • Realizar prácticas de laboratorio haciendo pruebas indicativas a transformadores y los algunos elementos con los que se disponga y

- Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y comunicación Capacidad de investigación. - Habilidad para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.	entregan un reporte, a través de la conformación de equipos de trabajo. Realizar una evaluación escrita.
---	---

4. Electrificación y captación de corriente.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<i>Específica(s):</i> - Calcula los circuitos ferroviarios identificando los alimentadores positivos, negativo y de tercer riel, para la instalación de un sistema ferroviario. <i>Genérica(s):</i> - Capacidad de análisis y síntesis. - Capacidad de investigación. - Habilidad para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.	- Se organiza para asistir a una visita técnica en algún sitio que pueda observar los sistemas eléctricos ferroviarios y realizar un reporte. - Hacer un programa de mantenimiento predictivo y preventivo para identificar los equipos eléctricos de los sistemas ferroviarios. - Observar en campo sistemas de trenes alimentados por un sistema eléctrico, con la finalidad de entender la complejidad e importancia de la electrificación de sistemas ferroviarios. - Realiza una evaluación escrita.

8. Práctica(s)

- Conexión de circuitos monofásicos y trifásicos con sus diferentes configuraciones y realizar mediciones de voltaje corriente y potencia monofásica y trifásica. - Cálculo de conductores y canalizaciones para diferentes potencias de motores. - Aplicar diferentes tipos de arranque para motores trifásicos de diferentes capacidades. - Arranque de motores de Corriente Directa en sus diferentes configuraciones. - Simulación de redes eléctricas de alimentación para vías férreas. - Visitas a sistemas de trenes alimentados por un sistema eléctrico, con la finalidad de observar y entender la complejidad e importancia de la electrificación ferroviaria.



9. Proyecto de asignatura

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:

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.

El proyecto deberá contemplar la capacidad de conocimiento del funcionamiento del sistema operativo, la selección y aplicación de los métodos y paradigmas y su fundamentación.

10. Evaluación por competencias

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje:

- Rúbricas de evaluación.
- Listas de cotejo.
- Guía de observación.
- Cuadernos de clase
- Pruebas escritas.

Las técnicas, herramientas y/o instrumentos sugeridos que permiten obtener evidencias del aprendizaje como: elaboración de mapas conceptuales, mapas mentales, diagramas de flujo, cuadros comparativos, resúmenes, presentaciones, tablas de tres vías, modelación de circuitos, prácticas de laboratorio, etc.

Lo anterior permitirá constatar el logro de objetivos y evaluar el nivel de desempeño de los estudiantes.



11. Fuentes de información

- Avelino, P. (2016). *Transformadores de distribución. Teoría, cálculo, construcción y pruebas*. Tercera Edición. Ed. Reverte.
- Brenna, M., Foadelli, F., & Zaninelli, D. (2018). *Electrical railway transportation systems*. John Wiley & Sons.
- Cuéllar, D., & Picón, A. S. (Eds.). (2012). *Catenaria: la electrificación ferroviaria en perspectiva histórica*. Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
- EdifESp. (2021, 16 de septiembre). *Electrificación en línea de alta velocidad de Extremadura* [Archivo de Video]. Recuperado de Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=bk-PbtDIWK4&t=76s>
- Fiel Calleja A & Zorita Lamadrid A. (2016). *Sistemas de tracción eléctrica ferroviaria*. Tesis para grado de ingeniería eléctrica. Universidad de Valladolid, España.
- Kiessling, F., Puschmann, R., Schmieder, A., & Schneider, E. (2018). *Contact lines for electric railways: planning, design, implementation, maintenance*. John Wiley & Sons.
- Lesics Española (2022, 18 de mayo), *¡La fascinante ingeniería detrás de los trenes eléctricos!* [Archivo de Video]. Recuperado de Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=BisNI-xyGo4>
- Lesics Española (2022, 21 de julio), *Líneas eléctricas de ferrocarril: el arte de mantenerlas rectas*. [Archivo de Video]. Recuperado de Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=ICnMrBFpRIw&list=RDCMUC3JOLIK2PB27Lb6IORByTsQ&index=4>
- SENER (2023, 19 de mayo). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas Utilización). Recuperado el 19 de mayo de 2023 de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/512096/NOM-001-SEDE-2012.pdf>