

Programa de Distribución de la Energía Eléctrica



Código/s: E13

Identificación y características de la Actividad Curricular

Carrera/s:	Ingeniería Eléctrica		
Plan de Estudios:	2014	Carácter:	Obligatoria
Bloque/Campo:	Tecnologías Aplicadas	Área:	Sistemas de Potencia
Régimen de cursado:	Cuatrimestral		
Cuatrimestre:	7º [ETA]		
Carga horaria:	96 hs. / 6 hs. semanales	Formato curricular:	Asignatura
Escuela:	Ingeniería Eléctrica	Departamento:	Electricidad Aplicada
Docente responsable:	PASSERINI, Eduardo		

Programa Sintético

Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica de media tensión (MT) y baja tensión (BT). Introducción y generalidades. Líneas y Cables de MT y BT. Cálculo mecánico de conductores. Cálculo de cortocircuito. Centros de Distribución y Subestaciones de Distribución MT/MT y MT/BT. Protección y Control de Sistemas de Distribución. Calidad de Potencia en Sistemas de Distribución. Operación de Sistemas de Distribución de MT y BT.

Asignaturas Relacionadas

Previas:	FB12 - Probabilidad y Estadística, E6 - Metrología Eléctrica, E8 - Análisis de Señales y Sistemas
Simultaneas Recomendadas:	E12 - Generación de la Energía Eléctrica
Posteriores:	E16 - Instalaciones Eléctricas I, E17 - Transmisión de la Energía Eléctrica

Vigencia desde

Firma Profesor

Fecha

Firma Aprob. Escuela

Fecha

Con el aval del Consejo Asesor:

Características generales

La asignatura Distribución de Energía Eléctrica que se dicta en el 7º semestre de la carrera, cumple aspectos establecidos en las incumbencias del Ingeniero Eléctrico de la FCEIA – UNR por la Resolución N° 1302/01 del Ministerio de Educación de la Nación, entre ellos el estudio, planificación, proyecto, obra, puesta en marcha, operación y mantenimiento y modificaciones del sistema de suministro de energía eléctrica. Siguiendo los lineamientos de la Resolución antedicha, la asignatura promueve el desarrollo de las capacidades necesarias para identificar, formular, resolver concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería vinculados a la Distribución de la EE usando las técnicas y herramientas disponibles. También

se busca la comunicación de conocimientos a través de presentaciones de distintos temas teórico-prácticos- Distribución de EE es la primera materia que muestra a los alumnos instalaciones “de verdad”, en funcionamiento o en obra. De modo que al inicio del curso éste es muy informativo. Se muestran instalaciones, descritas previamente en las clases, que llevan más de 50 años de trabajo y otras donde está presente el último avance tecnológico. Los alumnos toman contacto visual con instalaciones en operación o, cuando es posible, antes de su habilitación al servicio. Ello se concreta mediante visitas a instalaciones donde se aprecia el tamaño de los distintos componentes, su disposición física, se adquiere conciencia de las distancias, la forma de desplazarse, se aprecia “in situ” lo que puede y/o merece telecontrolarse y lo que no; por ello se les indican algunos procedimientos manuales para realizar operaciones que forman parte de una maniobra. Se incluye la vinculación de las instalaciones con el Centro de Control de la red de MT, el cual se visita en la EPE.

También se las transmite una filosofía de “no corte” del servicio, que tiende a respetar la vida moderna, cada vez más dependiente de la electricidad y de la calidad de servicio.

Ya entrando a lo que es ingeniería de Distribución de EE se calculan parámetros de líneas; se definen alimentaciones a distintos clientes tanto en BT como en MT y hasta AT; se plantean distintas configuraciones en BT para alimentación de barrios o zonas con variadas demandas; se verifica el cálculo mecánico de líneas aéreas de distintas tensiones (se utiliza el software CAMELIA); se explica en detalle la red de MT de la ciudad de Rosario y su operación tendiente al “no corte” y se extiende ese criterio a redes de distinta topología

Otro de los importantes temas que se desarrollan es el cálculo de las corrientes de cortocircuito; al ser la primera vez que los alumnos estudian el tema las explicaciones son convencionales y detalladas, con ejemplos exhaustivos. Se utiliza el software Power World. Avanzando con el tema cortocircuitos se introducen los Sistemas de Protección de los Sistemas Eléctricos: en principio, desde el punto de vista de la Distribución, bastaría dar Protecciones con fusibles y de sobrecorriente aplicadas a redes radiales. Sin embargo se considera conveniente aprovechar la temática para dar Protecciones direccionales más Protecciones de transformadores de potencia. Finalmente se realiza una introducción al tema Calidad de Servicio, haciendo hincapié en las pautas establecidas por los Entes Reguladores.

En todo momento se hace referencia al cuidado del medio ambiente y a la no afectación de los bienes ni de las personas por las instalaciones propias de un sistema de provisión de energía eléctrica.

Objetivos

El alumno debe adquirir una concepción genérica en lo atinente a la planificación, elaboración de proyectos y explotación de los sistemas de Distribución de energía eléctrica en baja, media y alta tensión.

Para lograr ese objetivo debe ser capaz de identificar los modelos de redes y su equipamiento asociado en cada situación en estudio, aprovechando los conocimientos adquiridos en las asignaturas previas que sirven de introducción a la especialidad.

Concretamente al aprobar la asignatura estará en condiciones de definir la alimentación a distintas demandas en media, baja y hasta alta tensión, ya sea que se trate de suministros puntuales o distribuidos en urbanizaciones. También sabrá estudiar el sistema de respaldo de esos suministros y planear las modificaciones necesarias para mantener el servicio en condiciones normales y ante contingencias. Por ello aprenderá la forma de operar el sistema de MT ante cambios en su topología.

Finalmente tendrá conocimientos suficientes como para calcular corrientes de cortocircuito, definir los elementos a instalar en toda la red de alimentación y coordinar los sistemas de protección asociados a la misma.

Contenido Temático

Unidad 1. Sistemas de distribución de energía eléctrica.

1.1 Introducción y generalidades. 1.2 Sistemas de suministro. 1.3 Niveles de tensión. 1.4 Ubicación de los sistemas de distribución. 1.5 Requerimientos de los suministros. 1.6 Configuraciones de redes. 1.7 Sistemas auxiliares. 1.8 Planificación de un sistema de distribución.

Unidad 2 Líneas y cables de MT y BT

2.1 Constantes básicas. 2.2 Parámetros de líneas. 2.2. Resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia. 2.4 Efecto corona. 2.5 Líneas aéreas cortas. 2.5.1 Modelado. 2.5.2 Caída de tensión. 2.5.3 Compensación. 2.6 Aspectos constructivos. 2.7 Conductores. 2.7.1 Tipos y propiedades. 2.7.2 Cálculo mecánico de conductores. 2.7.3 Vano crítico. 2.8 Estructuras y postes de suspensión y retención. 2.9 Cables subterráneos. 2.9.1 Tipos constructivos. 2.9.2 Tendido y utilización. 2.10 Superconductores. 2.11 Cables para comunicaciones.

Unidad 3 Cortocircuitos.

3.1 Modelado de secuencia de los elementos de la red. 3.2 Cálculo de las corrientes de cortocircuito por método óhmico y método por unidad. 3.3 El concepto de potencia de cortocircuito. 3.4 Fallas simétricas y asimétricas: empleo de las componentes simétricas. 3.5 Régimen permanente, transitorio y subtransitorio de cortocircuito. 3.6 Cálculo de las corrientes de cortocircuito mediante el empleo de software. 3.7 Efectos de las corrientes de cortocircuito sobre los distintos elementos de la red. 3.8 Medios para limitar las corrientes de cortocircuito.

Unidad 4 Las redes de MT y BT.

4.1 Centros de distribución y subestaciones de distribución MT/MT y MT/BT. 4.2 Distintos tipos constructivos. 4.3 Instalaciones a nivel, aéreas y subterráneas. 4.4 Vinculaciones entre sí y con las fuentes de energía. 4.5 Redes radiales y en anillo. 4.6 Evaluación de pérdidas.

Unidad 5 Protección y control de las redes de distribución.

5.1 Protecciones de redes de BT y MT. 5.2 Protección de sobrecorriente aplicada a redes radiales. 5.2.1 Coordinación. 5.3 Protecciones direccionales. 5.4 Protección de transformadores de distribución y de potencia. 5.5 Protección diferencial de cables subterráneos. 5.6 Centros de control de redes de MT. 5.7 El camino hacia una smart-grid.

Unidad 6 Calidad de potencia.

6.1 Magnitudes que hacen a la calidad del suministro. 6.2 Límites establecidos por entes reguladores. 6.3 Mitigación de los efectos originados por cargas que afectan la calidad del producto.

Unidad 7 Operación de redes de MT.

7.1 Aspectos operacionales. 7.2 Transferencias de cargas. 7.3 Actuación ante situaciones de fallas y/o trabajos de mantenimiento.

7.4 Modificaciones de la red para atender ampliaciones de la misma

Modalidades de enseñanza-aprendizaje

La estrategia de enseñanza se basa en el desarrollo de clases teórico-prácticas con modalidad presencial, incentivando el trabajo grupal para la resolución de problemas, modalidad que contribuye al proceso de enseñanza/aprendizaje por sus beneficios sobre la ayuda, apoyo mutuo, negociación y resolución más rápida.

El curso se desarrollará en dos clases semanales; la práctica se incluye a medida que se avanza en los temas teóricos. Al comienzo del ciclo lectivo se facilita a los alumnos material didáctico preparado por los docentes. Ello permite al alumno:

- a) Adquirir conocimiento previo de los contenidos;
- b) Prescindir de la toma de apuntes, dedicando toda la atención a la exposición del docente y generando una activa participación en la clase;
- c) Facilitar su aprendizaje

Las visitas a instalaciones constituyen una enseñanza práctica importantísima para la formación e información de los alumnos.

También se recurre a la presentación de ciertos temas por parte de los mismos alumnos, en base a directivas emanadas de la cátedra. En estos casos siempre el tema termina con un ejemplo práctico.

Actividades de Formación Práctica

Las actividades de formación practica consisten en resolución de problemas, definición del equipamiento y/o instalaciones para atender distintas demandas y presentación de informes sobre visitas a obras o instalaciones en operación comercial.

También se suelen entregar distintos artículos de publicaciones técnicas para su traducción y explicación.

Nº	Título	Descripción
1	Cálculo de parámetros de líneas.	Comparación entre líneas aéreas de distintas tensiones y con cables subterráneos.
2	Diseño de alimentación a clientes.	Diseño de alimentación a suministros con distintos valores de la demanda de los clientes, en zonas urbanizadas - con alta y baja densidad de carga y población - y rurales.
3	Cálculo de cortocircuitos.	Cálculo de corrientes de cortocircuito en distintas configuraciones circuitales. Utilización del software Power World.
4	Protecciones	Ajuste y coordinación de protecciones de sobrecorriente en redes radiales de MT. Protección de transformadores de distribución.
5	Cálculo mecánico.	Cálculo mecánico de los conductores de una línea de MT.

Evaluación

Requisitos de aprobación: según Resolución 132/00 del CD

APROBADO: Calificación final igual o superior a 6 (seis) y aprobar el coloquio integrador.

INTERMEDIA: Calificación final igual o superior a 4 (cuatro) y menor que 6 (seis). Para pasar a APROBADO, debe rendir un recuperatorio de los temas no aprobados más el coloquio final integrador.

LIBRE: Calificación final menor que 4 (cuatro)

Las evaluaciones consisten en dos parciales de problemas y teoría, lo cual se comunica a los alumnos al comienzo del ciclo lectivo.

La nota final surge fundamentalmente del promedio de las notas de los parciales. La presentación de trabajos prácticos e informes sobre las visitas a instalaciones pesan favorablemente en dicha nota final.

Distribución de la carga horaria

Presenciales

Teóricas		48 Hs.
Prácticas	Experimental de Laboratorio	0 Hs.
	Experimental de Campo	12 Hs.
	Resolución de Problemas y Ejercicios	18 Hs.
	Problemas Abiertos de Ingeniería	6 Hs.
	Actividades de Proyecto y Diseño	12 Hs.
	Práctica Profesional Supervisada	0 Hs.

	Total	96 Hs.
Evaluaciones		12 Hs.
Dedicadas por el alumno fuera de clase		
	Preparación Teórica	40 Hs.
	Preparación Práctica	30 Hs.
	Elaboración y redacción de informes, trabajos, presentaciones, etc.	20 Hs.
	Total	90 Hs.

Bibliografía básica

Título	Autores	Editorial	Año	Ejem.
Electricity distribution network design.	E. Lakervi – E.J.Holmes	P. Peregrinus by The Inst E.E.	1998	1 (621.31 3L1929 1 (621.31 3L1929
Líneas de Transporte de energía	L.M.Checa	Marcombo	1988	1 Cátedra
Sistemas de Protección en grandes redes eléctricas de potencia	M.V.González Sábado	CIGRE Argentina	2009	2 DEA
Análisis de Sistemas de Potencia	J.J.Grainer; W. Stevenson (jr)	Mc Graw Hill	1996	1 Cátedra
Calidad de potencia para usuarios y empresas eléctricas	J.C.Gómez Targarona	Edigar	2005	1 DEA

Bibliografía complementaria

Título	Autores	Editorial	Año	Ejem.
Centrales Eléctricas	A. Orille Fernández	Universidad Politécnica de Cataluña	1997	1 Cátedra
El arte y la ciencia de la protección por relevadores	C. Russell Mason	CECSA	1972	1
Sistemas de potencia: Análisis y diseño	J. Duncan Glover_ M.S.Sarma	Thomson	2003	1 Cátedra
Manual de cables para distribución de en. eléctrica	IMSA	Donación IMSA		1/alumno

Recursos web y otros recursos

La utilización de PC y cañón de proyección permite exponer con rapidez los temas entregados por los docentes al inicio del ciclo lectivo. Se muestran elementos reales: relés electromecánicos; descargadores y aisladores averiados y se visitan instalaciones en explotación.

Softwares que se utilizan: CAMELIA para cálculo mecánico de los conductores de una línea y Power World para el cálculo de corrientes de cortocircuito.

Cronograma de actividades

Semana	Unidad	Tema	Actividad
1	1	<p>Sistemas de distribución de energía eléctrica</p> <p>Introducción y generalidades. Sistemas de suministro. Niveles de tensión. Ubicación de los sistemas de distribución.</p> <p>Requerimientos de los suministros.</p> <p>Configuraciones de redes.</p> <p>Bibliografía: Lakervi - Ho</p>	<p>TEORIA</p> <p>Bibliografía: Lakervi - Holmes</p>
2	1_2	<p>Sistemas auxiliares. Planificación de un sistema de distribución.</p> <p>Líneas y cables de MT y BT</p> <p>Constantes básicas- Parámetros de líneas. Resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia. Efecto corona. Líneas aéreas cortas. Modelado. Caída de tensión</p>	<p>TEORIA Y PRACTICA</p> <p>Bibliografía: Lakervi - Holmes Grainer – Stevenson Jr.</p> <p>Entrega del Manual de cables IMSA</p>
3	2	<p>Aspectos constructivos. Conductores. Tipos y propiedades. Cálculo mecánico de conductores. Vano crítico. Estructuras y postes de suspensión y retención. Cables subterráneos. Tipos constructivos. Tendido y utilización. Superconductores. Cables para comunicac</p>	<p>TEORIA Y PRACTICA</p> <p>Manual de cables IMSA. Otros manuales (Prysmian; Nexans)</p> <p>Asignación a un grupo de alumnos del tema “Cálculo mecánico de conductores de una línea de MT”</p>
4	3	<p>Cortocircuitos</p> <p>Modelado de secuencia de los elementos de la red. Cálculo de las corrientes de cortocircuito por método óhmico y el método por unidad. El concepto de potencia de cortocircuito.</p>	<p>TEORIA Y PRACTICA</p> <p>Bibliografía: Grainer – Stevenson Jr</p>
5	3	<p>Fallas simétricas y asimétricas: empleo de las componentes simétricas. Régimen permanente, transitorio y subtransitorio de cortocircuito. Cálculo de las corrientes de cortocircuito mediante el empleo de software. Efectos de las corrientes de cortocircuito so</p>	<p>TEORIA Y PRACTICA</p> <p>Bibliografía: Grainer – Stevenson Jr</p>
6	4	<p>Las Redes de MT y BT</p> <p>Centros de distribución y subestaciones de distribución (o centros de transformación) MT/MT y MT/BT. Distintos tipos constructivos. Instalaciones a nivel, aéreas y subterráneas. Vinculaciones entre sí y con las fuentes de energía.</p>	<p>TEORIA y PRACTICA</p> <p>Bibliografía: Lakervi - Holmes</p>
7	4	<p>Visita a instalaciones de MT y BT</p>	<p>TEORIA Y PRACTICA</p> <p>Presentación de un grupo de alumnos sobre el tema “Cálculo mecánico de conductores”. Bibliografía: L.M.Checa.</p>

8	4	Redes Radiales y en anillo. Evaluación de pérdidas.	TEORIA Bibliografía: Lakervi - Holmes
9		1er Parcial. Se tomarán temas dados hasta la 6a semana inclusive.	
10	4	Visita a Centros de Distribución de MT y EETT AT/MT.	TEORIA y PRACTICA Bibliografía: Lakervi – Holmes Documentación EPE.
11	5	Protección y control de las redes de distribución. Protecciones de redes de BT y MT. Protección de sobrecorriente aplicada a redes radiales. Coordinación. Protecciones direccionales	TEORIA Y PRACTICA Bibliografía: González Sábato Russell Mason
12	5	Protección de transformadores de distribución y de potencia. Protección diferencial de cables subterráneos. Centros de control de redes MT. El camino hacia una smart-grid.	TEORIA Y PRACTICA Bibliografía: González Sábato Publicación Ormazabal. Visita al Centro de Control MT de la EPE.
13	6	Calidad de Potencia. Magnitudes que hacen a la calidad del suministro. Límites establecidos por entes reguladores.	TEORIA Presentación a cargo de un grupo de alumnos. Bibliografía: J.C.Gómez Targarona
14	6	Mitigación de los efectos originados por cargas que afectan la calidad del suministro.	TEORIA Y PRACTICA Presentación a cargo de un grupo de alumnos. Bibliografía: J.C.Gómez Targarona
15	7	Operación de redes de MT Aspectos operacionales. Transferencias de cargas. Actuación ante situaciones de fallas. Modificaciones de la red para atender ampliaciones de la misma.	TEORIA Y PRACTICA Presentación de la cátedra.
16		2° Parcial. Temas incluidos: los dados entre las semanas 8a y 15a. Coloquio.	