



## Planificación Anual – Asignatura SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA Año 2023



### DOCENTE RESPONSABLE

**Nombre y Apellido** Gustavo E. Kazlauskas

**Categoría Docente** Profesor Titular

### MARCO DE REFERENCIA

**Asignatura** SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

**Código** E25.0

**Carrera** Ingeniería Electromecánica

**Plan de estudios** Ingeniería Eléctromecánica 2004 – Ord. C.S. N°2359/04

### Ubicación en el Plan

5° Año – 1 cuatrimestre

<b>Duración</b>	Cuatrimstral	<b>Carácter</b>	Obligatoria	<b>Carga horaria total (h)</b>	120h
-----------------	--------------	-----------------	-------------	--------------------------------	------

### Carga horaria destinada a la actividad (h)

<b>Experimental</b>	0h	<b>Problemas ingeniería</b>	20h	<b>Proyecto - diseño</b>	15h	<b>Práctica sup.</b>	0h
---------------------	----	-----------------------------	-----	--------------------------	-----	----------------------	----

<b>Asignaturas correlativas</b>	<b>Cursadas</b>	Instalaciones Eléctricas (E12.0) y Teoría Avanzada de Circuitos y Campos (E23.0)
---------------------------------	-----------------	--

<b>Aprobadas</b>	El N° se asignaturas obligatorias cursadas y no aprobadas no debe exceder de diez.
------------------	--

### Requisitos cumplidos

### Contenidos mínimos

Generalidades del SEP. Planificación e impacto ambiental del SEP. Características eléctricas de las líneas de transmisión. Cálculo mecánico de líneas de transmisión. Modelación matemática de la red eléctrica. Estabilidad. Protecciones eléctricas del SEP. Sobretensiones y coordinación de asilamiento. Riesgo eléctrico en AT.

**Depto. al cual está adscripta la carrera** Electromecánica

**Área** Eléctrica

**N° estimado de alumnos** 20

### OBJETIVOS

Esta asignatura está orientada al diseño, al estudio de las formas de las arquitecturas y a los análisis que se desarrollan en las etapas de generación, transporte y distribución de la energía.

El objetivo de la misma es transmitir a los alumnos aquellos conocimientos relacionados con los Sistemas Eléctricos de Potencia con el fin de asimilar las diversas técnicas utilizadas en el manejo y planificación de las redes eléctricas. Es decir, que el alumno estará capacitado para diseñar, estudiar y seleccionar los elementos eléctricos en este grupo de sistemas.

Al finalizar, el alumno de la carrera Ingeniería Electromecánica deberán adquirir conocimientos sobre:

- a.- Estructura del sistema eléctrico de potencia.
- b.- Funcionamiento del mercado eléctrico Argentino.
- c.- Modelación de individual y conjunto del sistema eléctrico de potencia.
- d.- Herramientas de diagnóstico para operaciones normales y anormales del sistema eléctrico.
- e.- Protecciones eléctricas básicas utilizadas en generadores, transformadores y distribución.

Por otro lado, el alumno desarrollará habilidades que se describen a continuación:

- a.- Ser capaz de plantear conceptos generales para el proyecto, diseño, cálculo y selección de los elementos que componen el Sistema Eléctrico de Potencia (SEP).
- b.- Ser capaz de estudiar y calcular el dimensionamiento mecánico de una línea de transmisión y sus fundaciones.
- c.- Ser capaz de proporcionar modelos del SEP para la realización de estudios fundamentales, con métodos orientados hacia la computación digital.
- d.- Ser capaz de estudiar los fenómenos de estabilidad en régimen permanente y transitorio en SEP.
- e.- Ser capaz de estudiar y evaluar métodos de protección para los SEP.
- f.- Adquirir competencias para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- g.- Familiarizar al estudiante con los elementos necesarios para el análisis y conocimiento de sistemas eléctricos de potencia..

## **APORTE DE LA ASIGNATURA A LA FORMACION BASICA Y/O PROFESIONAL**

Los conocimientos adquiridos están orientados hacia la selección de estructuras, modelos de líneas, estimación de demandas y demás; que permiten al alumno estudiar y determinar el comportamiento del SEP para distintas condiciones normales y anormales de funcionamiento.

Se describe el marco legal en el cual se desenvuelve el Mercado Eléctrico Argentino. Se desarrollan métodos básicos para la planificación de los Sistemas Eléctricos de Potencia, basadas en metodologías de optimización, teniendo en cuenta las variaciones de la demanda, los niveles de tensión y el comportamiento del mismo en cuanto a las protecciones. Además, se mencionan características más sobresalientes del estudio de impacto ambiental (EIA).

Se otorga al alumno un conocimiento sólido de las técnicas necesarias para el cálculo de parámetros en líneas de transmisión multifilares con señales sinusoidales.

El mismo tiene un enfoque básico hacia el diseño de líneas de transmisión y distribución en media y alta tensión. Se estudian las condiciones especiales en el cálculo mecánico y fundaciones de líneas de transmisión.

También la formación abarca el conocimiento de la aplicación de conceptos relacionados con el diseño de las subestaciones eléctricas, ya que intervienen elementos como también criterios de diseño, selección, normas y recomendaciones en las etapas de construcción y ejecución.

El análisis de las líneas de transmisión se ha centrado en la determinación de los parámetros concentrados y distribuidos de las mismas, conceptos que frecuentemente son suficiente para llevar adelante la modelación general.

También se presentan los métodos de estudio de estabilidad que evalúan el impacto de disturbios en comportamiento dinámico electromagnético en los SEP.

Se estudian la naturaleza, causas y fallas más frecuentes del SEP que sirven para el diseño de esquemas de protecciones efectiva y selectiva. Se presentan los métodos de protección para cada uno de los dispositivos que constituyen un SEP.

También se menciona las diferentes condiciones que debe accionar el trabajador respecto al riesgo eléctrico, que van desde la utilización de elementos de seguridad hasta la planificación consiente y detallada de las tareas o maniobras con el fin de minimizar los riesgos de accidentes.

Finalmente, se estudian las sobretensiones que pueden originarse en los SEP y las formas de protección efectiva de las mismas.

## **DESARROLLO DE LA ASIGNATURA**

### **Actividades y estrategias didácticas**

Las actividades propuestas a los alumnos son las siguientes:

- 1.- Se crea una página en el entorno Moodle con el título Sistemas Eléctricos de Potencia en la cual se cargan las transparencias del curso, los trabajos prácticos y el material teórico adicional para el desarrollo de la asignatura.
- 2.- Se mantiene comunicación con los alumnos de SEP mediante los distintos canales oficiales, tales como email, FIO VIRTUAL y oral.
- 3.- Se establece una tarea integrativa de varios temas de la materia a entregar en forma obligatoria durante el cuatrimestre.

### **Trabajos experimentales**

No se contemplan

### **Trabajo/s de Proyecto-Diseño**

Se establece una tarea a resolver por parte del alumno, entre las que se propone el proyecto y el diseño de alguno de los componentes del SEP. Se propone hacer un trabajo de este tipo por edición.

### **Recursos didácticos**

En el desarrollo de la asignatura se realiza mediante presentaciones que se comparten con el alumno de manera visual utilizando powerpoint, software y videos.

Las herramientas formativas que se utilizarán son las clases teóricas y la resolución de problemas típicos, mediante la explicación del docente a cargo en cada tema.

Se propone operar sobre los contenidos de la asignatura y sobre el modo de trabajarlos; de modo que se pueda introducir variantes multimediales en lo posible, que dinamicen el dictado de la asignatura; perfilar pedagógicamente el punto de vista epistemológico de la materia, explorar nuevas opciones metodológicas y modalidades académicas que demuestren capacidad y dinamismo para dar respuesta a los problemas surgidos durante el proceso de enseñanza.

De este modo, se pretende lograr una mejor claridad en la explicación de los fenómenos y procesos tecnológicos de compleja comprensión a través de la visualización de modelos y explicación de fenómenos. A través de ellos, se motiva a los alumnos, de forma tal de reducir los niveles de deserción y de reprobación de la asignatura.

Este modelo educativo no es privativo de la tecnología, ya que incorpora el uso de recursos audiovisuales e informáticos, con formas tradicionales, como el imprescindible material impreso. En esta asignatura se emplea el medio impreso en PDF como medio maestro y sustentado por soportes visuales lo que facilita al alumno a "apropiarse" del conocimiento de manera independiente.

Se incentiva la lectura obligatoria del material teórico antes de resolver las actividades prácticas.

**Estrategia de evaluación de los alumnos****Regularización de la asignatura**

Marco legal: Resolución CAFI N° 229/00 del 07

Reglamento propuesto:

1.- La modalidad de la evaluación es una combinación de las descriptas en RES. C.A.F.I. N° 229/00 en su punto 3d y la misma consiste en parciales teóricos - prácticos, tareas y laboratorios.

2.- La nota final se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$NF = 0,25 \cdot P1 + 0,25 \cdot P2 + 0,35 \cdot PC + 0,15 \cdot \sum(T/n)$$

Donde: NF=Nota final de libreta, P1=Nota primer parcial, P2= Nota de segundo parcial, PC= Nota parcial complementario, T= Nota de tareas o laboratorios a resolver y N= número de tareas.

3.- Para estar incluido en el sistema de promoción, el alumno deberá obtener en cada parcial (P1 y P2) 55 o más puntos, mientras que en cada tarea, cada laboratorio y en el PC deberá obtener 40 o más puntos.

4.- Todos los alumnos que no cumplan con el requisito del punto (3), del presente reglamento, serán considerados en el sistema de cursada por suma de puntos de parciales y presentación de trabajos (RES. C.A.F.I. N° 227/04).

5.- Los parciales **P1, P2 y PC** coinciden en las mismas fechas que en el sistema de cursada por suma de puntos ( P1, P2 y RG - recuperatorio general ).

6.- Las evaluaciones realizadas al alumno en P1 y P2 consisten en una parte teórica (Conceptual) más la práctica y laboratorio correspondiente.

7.- Las notas de 0 a 100 puntos serán equivalentes a 0 – 10 en la nota final.

8.- Las fracciones decimales mayores, iguales o menores que se originan en la conversión dada en el punto 8, serán redondeadas con el siguiente criterio: cantidades inferiores o iguales a 5 se aproxima al número entero inferior y las fracciones decimales superiores a 5 se aproximan al número entero superior.

10.- Tareas: son obligatorias para la cursada y promoción. Objetivos: estudiar, proponer y analizar soluciones de un problema determinado, incentivando la creatividad y originalidad del alumno. Cantidad: 1 tarea por cuatrimestre. Tiempo: se establece con los estudiantes y nunca excederán del cuatrimestre de cursada.

**Promoción de la asignatura**

Los alumnos que cumplan con las condiciones del punto anterior, acceden a la promoción.

**Examen Final**

Según el cronograma asignado por la FIO-UNICEN

**Estrategias de seguimiento del proceso de desarrollo de la asignatura**

El seguimiento de la asimilación de los contenidos se realizará mediante consultas del profesor hacia el alumno y su fortalecimiento mediante las respuestas del profesor. Mediante el sistema de consultas de cómo hacer los trabajos prácticos y las evaluaciones correspondientes.

**Cronograma**

Semana	Unidad Temática	Tema de la clase	Actividades
1	U1	Consideraciones generales y MEN	Teoría - Práctica
2	U2	Planificación	Teoría – Práctica
3	U3	Parámetros de líneas	Teoría – Práctica
4	U4	Características de diseño y construcción de líneas de transmisión	Teoría – Práctica
5	U4	Continuación	Teoría – Práctica
6	U5	Modelación matemática de la red eléctrica	Teoría – Práctica
7	U5	Continuación	Teoría – Práctica
8	U6	Subestaciones transformadoras	Teoría – Práctica
9	P1	Repaso y primer parcial	Evaluación
10	U7	Estabilidad	Teoría – Práctica
11	U8	Protecciones	Teoría – Práctica
12	U8	Protecciones	Teoría – Práctica
13	U9	Sobretensiones	Teoría – Práctica
14	P2	Repaso y segundo parcial	Evaluación
15		Recuperatorios	Evaluación

Docentes de la asignatura							
Nombre y apellido				Función docente			
Kazlauskas, Gustavo				Desarrollo de la teoría y práctica			
Maletta, Matias				Desarrollo de la teoría y práctica			
Leal, Gustavo				Desarrollo de la práctica			
<b>Recursos materiales:</b>							
Se utilizan los elementos que se encuentran disponibles en el aula, tales como TV y PC							
<b>Software, sitios interesantes de Internet:</b>							
Material generado por la cátedra en la FIO-VIRTUAL							
<b>Principales equipos o instrumentos</b>							
<b>Espacio en el que se desarrollan las actividades</b>							
Aula							
<b>Otros</b>							
	Elija un elemento.	Laboratorio	Elija un elemento.	Gabinete de computación	Elija un elemento.	Campo	Elija un elemento.
<b>ADEMÁS DEL DESARROLLO REGULAR, SE ADOPTA PARA LA ASIGNATURA :</b>							
<b>Cursada Intensiva</b>		No		<b>Cursada cuatrimestre contrapuesto</b>		No	
<b>Examen libre</b>		Si					
<b>Condiciones para Examen Libre</b>							
<p>1.- El examen libre se ajustará al programa vigente al momento del examen, y constará de dos aspectos: teoría y práctica. (REP Art. 17g)</p> <p>2.- Examen parcial escrito será teórico-práctico: los parciales propuestos son 2, llamados P1 (primer 50% del programa) y P2 (resto del programa). (REP Art. 17h)</p> <p>3.- Los laboratorios serán incluidos en las evaluaciones parciales. (REP Art. 17h).</p> <p>4.- Cada una de las evaluaciones parciales será eliminatoria, y deberán aprobarse todas, para aprobar el examen de temas prácticos. (REP Art. 17h)</p> <p>5.- La cátedra adopta la puntuación de 60/100 para aprobar de cada parcial libre. (REP Art 98b)</p> <p>6.- En los temas teóricos se podrá adoptar la modalidad que estime conveniente, es decir: escrito, oral o escrito y oral. (REP Art. 17i)</p>							



# Programa Analítico Asignatura SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA



(Código:E25.0)

Departamento responsable	Kazlauskas, Gustavo Eduardo	Área	Eléctrica
Plan de estudios	Ingeniería Eléctromecánica 2004 – Ord. C.S. N°2359/04		

## Programa Analítico de la Asignatura – Año 2022

### Tema N°1: *Generalidades e impacto ambiental.*

Arquitectura del SEP. Componentes de una red eléctrica. Sistema Eléctrico Argentino (SADI). Evolución. Mercado eléctrico Mayorista. Ley 24.065. Privatizaciones. Clasificación por su función. Clases de tensión. Mínimas pérdidas. Sistemas utilizados: corriente continua, corriente alterna y número de fases. Selección de la tensión. Selección de la estructura. Demanda: carga diaria y momentánea. Modelación de la estructura. Componentes de la carga. Curva de carga diaria. Estudio de impacto ambiental.

### Tema N°2: *Planificación de los SEP.*

Localización de fuentes energéticas. Sección óptima del transporte. Topologías. Costos e inversiones. Tensión óptima de transporte.

### Tema N°3: *Características Eléctricas de líneas de transmisión.*

Resistencia. Cálculo de la resistencia en líneas de transmisión. Variación con la temperatura. Resistencia efectiva. Efecto Skin. Reactancia inductiva: cálculo de inductancia en líneas de transmisión multifilares. Corrección de la inductancia por efecto Skin. Reactancia capacitiva: capacidad de conductores en líneas de transmisión. Efecto de la tierra sobre la capacitancia. Efecto corona. Determinación de la tensión crítica en líneas con monoconductor y con subconductores. Cálculo de las pérdidas por efecto corona.

### Tema N°4: *Características de diseño y construcción de líneas de transmisión.*

Ecuación de la catenaria. Expresión aproximada. Fórmula de la parábola. Esfuerzos en los conductores e hilo de guardia. Ecuación de cambio de estados. Criterio del vano crítico. Cálculo de postes: sostén, retención y terminales. Hipótesis de cálculo. Normas. Cálculo de fundaciones. Método de Sulzberger. Componentes de los sistemas eléctricos de potencia: conductores, aisladores, soportes, morsetería, accesorios, torres, pórticos. Clasificación y selección.

### Tema N°5: *Modelación matemática de la red eléctrica.*

Representación de líneas de transmisión. Líneas de transmisión de longitud corta, media y larga. Solución de las ecuaciones diferencial. Ecuaciones Fundamentales. Interpretación. El cuadripolo como esquema sustitutivo de la línea. Cuadripolos corregidos. Diagramas de Woodroff. Representación de los sistemas eléctricos de potencia en régimen equilibrado. Diagrama de círculo para los extremos receptor y transmisor. Representación de máquinas sincrónicas, máquinas de inducción y de transformadores.

### Tema N°6: *Subestaciones eléctricas.*

Características básicas de las subestaciones de transformación. Esquema eléctrico. Análisis de los distintos esquemas eléctricos de barras. Comparación. Selección de equipos de comando y control.

### Tema N°7: *Estabilidad del SEP.*

Problema de estabilidad. Dinámica del rotor y ecuación de oscilación. Consideraciones adicionales. Ecuación de potencia - ángulo. Criterio igualdad de áreas. Estudios de estabilidad en el caso de varias máquinas. Aproximaciones. Factores que afectan a la estabilidad.

### Tema N°8: *Protecciones eléctricas del SEP.*

Filosofía de las protecciones. Clasificación de las protecciones en función del tiempo. Protección de máxima corriente: esquema básico contra fallas: fusibles, relés de máxima corriente. Protección distanciométrica. Comparación de fase. Protección diferencial de fases y neutro: tanto en transformadores como en generadores. Protección de generador: entre espiras, cuba, máxima corriente y de sobreexcitación.

### Tema N°9: *Sobretensiones, coordinación del aislamiento y riesgo eléctrico.*

Transitorios en los SEP. Sobretensiones de origen Interno y externo. Clasificación normalizada. Teorías sobre la formación del rayo. Propagación de las sobretensiones de origen externo. Protección contra sobretensiones de origen externo: Descargadores Auto valvulares y de óxido de Zinc. Elección y ubicación de descargadores. Niveles de aislamiento. Coordinación de aislamiento en línea de transmisión y subestaciones.

## Bibliografía Básica

- [1] VIQUEIRA LANDA, J., " Redes eléctricas " tomos I,II y III. LIMUSA . 1970. Mexico D.F.
- [2] GRAINGER Y STEVENSON, W.,4ta ed. " Análisis de Sistemas de potencia ". Mc Graw Hill . 1997 - España.
- [3] GONZALEZ SABATO Manuel V., "Dispositivos, Protección de Máxima Corriente, Protección de Distancia". Bahía Blanca , 1979.
- [4] ENRIQUEZ HARPER, " Elementos de diseño de Subestaciones Eléctricas ".LIMUSA .2000. Mexico.
- [5] GLOVER, J. DUNCAN , "Sistemas de potencia: Análisis y diseño". 3era ed. 2004 . Editonal Alfaomega.

Mexico.

[6] Oscar A.- Pesci, Guía de cálculo 1-0, "Cálculo de resistencias de líneas aéreas – Pérdidas por conductancia - Efecto corona – Pérdidas por efecto corona", Sistemas Eléctricos de Potencia, Versión corregida 2023.

[7] Oscar A.- Pesci, Guía de cálculo 2-0, "Cálculo de inductancia y reactancia inductivas de líneas aéreas funcionando en estado permanente", Sistemas Eléctricos de Potencia, Versión corregida 2023.

[8] Gustavo Leal Hansen y Matias Maletta, "Guía: Cálculo Mecánico", Sistemas Eléctricos de Potencia, Versión 4/23.

### Bibliografía de Consulta

[1] CHAN, SHU PARK "Introductory topological analysis of electrical networks". Editorial Noriega - Limusa 1969. USA.

[2] ZOPPETTI JUDEZ, GAUDENCIO "Redes eléctricas de alta y baja tensión para conducir y distribuir energía eléctrica ". 5ta ed. Editorial Noriega - Limusa 1972. Barcelona.

[3] RUIBRUGENT, JEAN "Principios para la coordinación de los niveles de aislación de aparatos e instalaciones en redes eléctricas de alta tensión". UNLP, 1979, La Plata.

[4] MASON, C. RUSSEL "El arte y la ciencia de la protección por relevadores" . Editorial Noriega - Limusa 1976. México.

[5] ENRIQUEZ HARPER, GILBERTO "Técnicas de las Altas Tensiones" Tomo I y II. Editorial Noriega - Limusa 1978. México.

[6] ZOPPETTI JUDEZ, GAUDENCIO "Centrales Hidroeléctricas: su estudio, montaje, regulación y ensayo". Editorial Noriega – Limusa. 1974. Barcelona.

[7] MANUAL AEG. 9na ed. Editorial Noriega - Limusa 1967. Berlin.

[8] LUCAS MARIN, CARLOS "Líneas e instalaciones eléctricas". 5ta ed. Editorial Noriega - Limusa 1973. México.

[9] CEAC, "Estaciones de transformación y distribución. Protecciones de sistemas eléctricos". 1982. España.

[10] MASON, R., " El arte y ciencia de la protección por relevadores". CECSA. 1997. México.

[11] CHECA, L.M " Línea de transporte de energía ", 3ra ed., Marcombo. 1997. España.

[12] RABIDRANATH, B. "Protección de sistemas de potencia e interruptores". Editorial Noriega – Limusa, 1989. España.

[13] RAS OLIVA, ENRIQUE "Teoría de líneas eléctricas, regímenes senoidales". 2da ed . Tomo I y II, Editorial Noriega - Limusa 1986. España.

[14] NASAR, A. SYED "Sistemas eléctricos de potencia". Editorial McGraw - Hill 1990. USA.

[15] Revista Megavattios.

[16] Revista Ingeniería Eléctrica.

[17] Catálogos de Fabricantes.

[18] Artículos de IEEE.

[19] Normas IRAM, VDE, AEA

### Docente Responsable

**Nombre y Apellido** Kazlauskas, Gustavo E.

**Firma**



### Coordinador/es de Carrera

**Carrera**

**Firma**



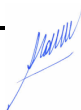
Dr. Ing. Leonel Pico  
Coordinador de carrera  
Ingeniería Electromecánica

### Director de Departamento

**Departamento** Ing. Electromecánica

**Firma**

Roberto de la Vega



### Secretaria Académica

**Firma**



Ing. Isabel C. Riccobene  
SECRETARIA ACADÉMICA  
Facultad de Ingeniería - UNCPBA