



**Ministerio de Cultura y Educación**  
**Universidad Nacional de San Luis**  
**Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias**  
**Departamento: Ingeniería**  
**Area: Electricidad**

**(Programa del año 2009)**  
**(Programa en trámite de aprobación)**  
**(Presentado el 17/02/2010 12:28:14)**

### **I - Oferta Académica**

| <b>Materia</b>                                                 | <b>Carrera</b>             | <b>Plan</b> | <b>Año</b> | <b>Período</b>  |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------|------------|-----------------|
| Generación, Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica | Ingeniería Electromecánica |             | 2009       | 1° cuatrimestre |

### **II - Equipo Docente**

| <b>Docente</b>         | <b>Función</b>          | <b>Cargo</b> | <b>Dedicación</b> |
|------------------------|-------------------------|--------------|-------------------|
| PEÑALOZA, RAUL ENRIQUE | Prof. Responsable       | P.Asoc Exc   | 40 Hs             |
| MUÑOZ, LUIS WENCESLAO  | Responsable de Práctico | A.1ra Semi   | 20 Hs             |

### **III - Características del Curso**

| <b>Credito Horario Semanal</b> |                 |                          |                                              |              |
|--------------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------------------------|--------------|
| <b>Teórico/Práctico</b>        | <b>Teóricas</b> | <b>Prácticas de Aula</b> | <b>Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.</b> | <b>Total</b> |
| Hs                             | 2 Hs            | 2 Hs                     | 2 Hs                                         | 6 Hs         |

| <b>Tipificación</b>                            | <b>Periodo</b>  |
|------------------------------------------------|-----------------|
| B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio | 1° Cuatrimestre |

| <b>Duración</b> |              |                            |                          |
|-----------------|--------------|----------------------------|--------------------------|
| <b>Desde</b>    | <b>Hasta</b> | <b>Cantidad de Semanas</b> | <b>Cantidad de Horas</b> |
| 09/03/2009      | 19/06/2009   | 15                         | 90                       |

### **IV - Fundamentación**

El estudio de la materia abarca los aspectos del funcionamiento dinámico y de régimen, aspectos constructivos, método de análisis de funcionamiento y características de los sistemas eléctricos de potencia.

Esta relacionado con las siguientes asignaturas, Electrotecnia I , Conversión industrial de la energía eléctrica, Mediciones eléctricas y Tecnología de los materiales eléctricos.

El enfoque apunta a la formación teórica y práctica sobre sistemas de potencia para que el estudiante este capacitado para calcular y proyectar e instalar las mismas.

#### **V.- OBJETIVOS**

El Contenido del programa, tanto teórico como práctico ha sido concebido para responder a los siguientes objetivos:

1. Aprendizaje de los aspectos básicos más importantes dentro de la ingeniería electromecánica, en el contexto y ámbito que exige la etapa científica y tecnológica por la cual pasa nuestro país.
2. Que los alumnos posean los conocimientos teóricos y prácticos necesario para el ingreso a la industria de potencia eléctrica moderna considerada en sus aspectos de generación, transmisión y distribución de redes de energía enfatizándose el estudio de los problemas relativos a la interconexión.
3. Que los alumnos estén capacitados para la realización de proyectos de utilización práctica inmediata como por ejemplo cálculo de líneas de MT y AT, cabinas de medición y maniobra, subestaciones transformadoras, etc.

4. Que los alumnos tengan los conocimientos generales de las distintas formas constructivas y funcionales y utilización comparativa de las centrales de generación de energía eléctrica convencionales y no convencionales.
5. Que los sepan elaborar proyectos de acuerdo con normas profesionales tanto en el aspecto de contenido como de presentación.

## V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

El Contenido del programa, tanto teórico como práctico ha sido concebido para responder a los siguientes objetivos:

1. Aprendizaje de los aspectos básicos más importantes dentro de la ingeniería electromecánica, en el contexto y ámbito que exige la etapa científica y tecnológica por la cual pasa nuestro país.
2. Que los alumnos posean los conocimientos teóricos y prácticos necesario para el ingreso a la industria de potencia eléctrica moderna considerada en sus aspectos de generación, transmisión y distribución de redes de energía enfatizándose el estudio de los problemas relativos a la interconexión.
3. Que los alumnos estén capacitados para la realización de proyectos de utilización práctica inmediata como por ejemplo cálculo de líneas de MT y AT, cabinas de medición y maniobra, subestaciones transformadoras, etc.
4. Que los alumnos tengan los conocimientos generales de las distintas formas constructivas y funcionales y utilización comparativa de las centrales de generación de energía eléctrica convencionales y no convencionales.
5. Que los sepan elaborar proyectos de acuerdo con normas profesionales tanto en el aspecto de contenido como de presentación.

## VI - Contenidos

### TEORICO:

#### CAPITULO I: Aspectos generales

1. Estructuras de las redes eléctricas. Estudios de cargas.  
Distribución económica de cargas
2. Cálculos de fallas. Estabilidad.
3. Conceptos básicos. Potencia compleja. Triángulo de potencia .  
Dirección flujo de potencia. Voltaje y corriente en circuitos trifásicos.

#### CAPITULO II: Representación de los sistemas de potencia.

1. Diagrama unifilar. Diagrama de impedancias y reactancias.
2. Valores nominales. Cantidades por unidad. Cambio de base.  
Selección de la base.
3. Impedancia en por unidades en circuitos de transformadores monofásicos y trifásicos. Impedancia en por unidad en transformadores de tres devanados.
4. Valores por unidad para sistemas con distintas tensiones
5. Ventaja del calculo por unidad. Ejemplos.

#### CAPITULO III: Impedancia serie de líneas de transmisión

1. Tipos de conductores de las líneas
2. Resistencia,

3. Flujo interno. Flujo externo. Enlaces de flujos.
4. Inductancia de una línea monofásica de dos conductores.  
Inductancia de una línea de conductores compuestos.
5. Inductancia de una línea trifásica equilátera. Inductancia de una línea trifásica asimétrica.
6. Inductancia para conductores agrupados.
7. Inductancia de una línea trifásica con circuitos paralelos.

#### **CAPITULO IV: Capacitancia de líneas de transmisión**

1. Conductancia. Efecto corona. Pérdida de potencia debido a Conductancia y efecto corona.
2. Campo eléctrico. Diferencia de potencial entre dos puntos.
3. Capacitancia de una línea de dos conductores.
4. Capacitancia de una línea trifásica equilátera. Capacitancia de una línea asimétrica.
5. Capacitancia para conductores agrupados.
6. Capacitancia de una línea trifásica con circuitos paralelos.
7. Efecto del suelo sobre la capacitancia.

#### **CAPITULO V: Relaciones de voltaje y corriente en una línea de transmisión**

1. Representación de líneas.
2. Línea de transmisión de longitud corta, Línea de longitud media.
3. Línea de transmisión larga. Ecuaciones diferenciales y solución.  
Interpretación de las ecuaciones. Forma hiperbólica de las ecuaciones.
4. Flujo de potencia a través de una línea de transmisión.
5. Compensación reactiva de líneas de transmisión.
6. Análisis Transitorio. Ondas viajeras. Reflexiones.

#### **CAPITULO VI: Cortocircuito simétrico**

1. Sobrecargas no admisibles y cortocircuitos. Tipos y magnitud de las fallas.
2. Fallas simétricas. Transitorios en circuitos serie RL. Valores máximo de corriente. Atenuación de la corriente de falla.  
Constantes de tiempo. Componentes de la corriente de falla.  
Períodos subtransitorio, transitorio y permanente.
3. Voltaje interno de máquinas con carga bajo condiciones de falla.  
Reactancias y voltajes internos subtransitorio, transitorio y permanente.
4. Cálculo de fallas simétricas. Selección de interruptores.

#### **CAPITULO VII: Componentes simétricas y redes de secuencia**

1. Las componentes simétricas de los fasores asimétricos.
2. Potencia en término de componentes simétricas.
3. Circuitos de secuencia de una línea de transmisión simétrica.  
Circuitos de secuencia de la máquina sincrónica.
4. Circuitos de secuencia de transformadores. Banco YY con ambos neutros aterrizados. Banco YY con un neutro aterrizado. Banco  $\Delta$ ;  
Banco Y $\Delta$ ; con la Y aterrizada. Banco Y $\Delta$ ; con la Y sin aterrizaz.
5. Redes de secuencia.

#### **CAPITULO VIII: Cortocircuito asimétrico**

1. Fallas asimétricas en sistema de potencia.
2. Fallas monofásicas de línea a tierra. Redes de secuencia.
3. Fallas de línea a línea. Redes de secuencia.

4. Fallas de doble línea a tierra. Redes de secuencia
5. Fallas de conductor abierto. Redes de secuencia.
6. Cálculo de fallas asimétricas.

#### **CAPITULO IX: Sobretensiones**

1. Sobretensiones. Características generales. Distintos tipos. Externas. Internas. De maniobra. Temporales.
2. Descargas atmosféricas.
3. Descargadores de sobretensión. Aplicaciones. Selección de parámetros nominales. Curvas.
4. Coordinación de aislación. Margen de protección. Niveles de aislamiento
5. Puesta a tierra efectiva, rígida y aislada. Protección de líneas de distribución. Hilo de guardia.

#### **CAPITULO X: Flujo de potencia**

1. El problema del flujo de potencia.
2. Método de Gauss Seidel. Método de Newton Raphson
3. Método desacoplado

#### **CAPITULO XI: Estabilidad de sistema**

1. El Problema de la estabilidad.
2. Estabilidad en régimen permanente. Estabilidad en régimen transitorio
3. Ecuación de oscilación. Criterio de igualdad de áreas.
4. Curva de oscilación.
5. Factores que alteran la estabilidad en régimen transitorio.

#### **CAPITULO XII: La máquina sincrónica**

1. Características eléctricas y constructivas de los generadores
2. Reactancia sincrónica y circuito equivalente.
3. Control de potencias real y reactiva. Capacidad de carga
4. Reactancias transitoria y subtransitoria.
5. Sistemas de excitación
6. Regulación de tensión en los generadores.
7. Oscilaciones pendulares
8. Acoplamiento en paralelo.

#### **CAPITULO XIII: Transformador**

1. Transformadores de potencia. Características eléctricas y constructivas.
2. Desfasamiento y circuitos equivalentes.
3. Autotransformador. Transformador de tres devanados.
4. Transformador de cambio de derivación y regulante.
5. Regulación de tensión en Estaciones transformadoras.
6. Paralelo de transformadores.

#### **CAPITULO XIV: Aparatos**

1. Aparatos de corte, de media y alta tensión. Descripción y selección.
2. Protección de los sistemas eléctricos. Descripción y selección.
3. Aparatos de medición. Descripción
4. Transformadores de tensión e intensidad.

#### **CAPITULO XV: Centrales eléctricas**

1. Tipos de centrales. Características y funcionamiento.
2. Descripción de obras civiles. Máquinas de impulso.
3. Centrales hidráulicas.
4. Centrales térmicas a vapor.
5. Centrales diesel
6. Centrales de gas.
7. Centrales nucleares.

## **PRACTICO:**

### **CAPITULO I: Cálculo mecánico de conductores.**

1. Distintos tipo de conductores para líneas aéreas. Conductores de Aleación de Aluminio. Conductores Aluminio Acero. Conductores preensamblados. Conductores de acero p/hilo de guardia
2. Normalización para el cálculo mecánico. Normas AyEE GC-IE-T N°61616;1. Zonas climáticas
3. Características mecánica de los cables. Formación. Módulo de elasticidad. Coeficiente de dilatación lineal. Tensiones máximas admisibles.
4. Ecuación de la catenaria. Ecuación parabólica aproximada. Cargas específicas. Vanos críticos.
5. Determinación del estado básico. Determinación de tensiones máximas admisibles. Tabla de tensiones y flechas de conductor y cable de guardia.
6. Ejemplo de cálculo línea de Aleación Aluminio. Ejemplo de cálculo de línea de acero aluminio. Ejemplo de cálculo hilo de guardia.

### **CAPITULO II: Cálculo mecánico de estructuras.**

1. Columnas de Hormigón Armado. Tipos constructivos. Resistencia. Dimensiones. Factores de seguridad.
2. Hipótesis de carga estructura suspensión simple. Carga normal. Carga extraordinaria. Hipótesis de carga estructura suspensión angular y estructura angular. Hipótesis de carga estructura de retención .Hipótesis de carga estructura de retención angular Hipótesis de carga estructura terminal
3. Distancias admisibles. Distancias Eléctricas. Distancias a masa
4. Diseño del cabezal. Distancia entre ménsulas. Longitud de ménsulas hilo de guardia y conductores. Distancia entre conductores e hilo de guardia.
4. Cálculo de fundaciones. Método de Mohr Poll. Método de Sulzberger.

### **CAPITULO III: Calculo de redes de distribución en BT**

1. Generalidades.
2. Determinación de potencia total y centro de carga.
3. Trazado de la red. Cálculo de caída de tensión y determinación de la sección de conductores.
4. Alumbrado público. Consideraciones generales
5. Líneas de BT con conductores preensamblados.
6. Presupuestos.

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

### 1. Problemas:

Problemas de aplicación de los distintos temas teóricos desarrollados.

El alumno deberá presentar una carpeta de trabajos prácticos con la resolución de la totalidad de los problemas propuestos.

### 2. Proyectos:

- Proyecto línea de MT
- Proyecto línea AT
- Proyecto línea y Subestación rural
- Proyecto y cálculo de una red de BT

Nota: En la primera clase practica se realizara una introducción a las Normas de Seguridad Eléctrica y Reglas Básicas de Higiene y Seguridad en Laboratorios. Se suministrara al alumno una copia detallando los aspectos teóricos y prácticos del tema. Una copia similar estará a la vista de los estudiante en un transparente. El objetivo es brindar seguridad frente a los riesgos posibles que pueden surgir y concientizar a los mismos para su aplicación en la vida diaria y especialmente en su futura acción profesional.

## VIII - Regimen de Aprobación

### REGIMEN DE ALUMNOS REGULARES

Para obtener la regularidad se exigirá lo siguiente:

1. Asistencia del 80 % a las clases prácticas de problemas.
2. Confección de una carpeta de trabajos prácticos, tamaño oficio:  
La carpeta deberá presentarse completa con todos ejercicios y problemas realizados en el año lectivo y deberá llevar el visto bueno V&#61616; B&#61616; del jefe de trabajos prácticos.
3. Realizar y tener aprobados los proyectos planteados en el año lectivo.
6. Durante cada cuatrimestre se tomarán dos exámenes parciales de contenido práctico, que deberán aprobar para obtener la regularidad.
7. Se tomará un examen parcial recuperatorio por cada uno de los parciales para aquellos alumnos que hayan resultado aplazados en algunos parciales.

El alumno deberá presentar una carpeta de trabajos prácticos con la resolución de la totalidad de los problemas propuestos.

La presentación de los problemas deberá ser realizada en Word y se evaluara también la calidad de presentación, enfoque y profundidad del abordaje del problema. se recomendara al alumno el uso de software de calculo como Matlab y su toolbox Simulink o PSpice

El alumno deberá presentar uno de los proyectos haciendo uso de herramientas de calculo y gráficos computacionales, y utilizando las normas especificas para tal caso como Especificaciones de EDESAL, EPEC, AyEE, etc. El proyecto deberá tener una presentación que siga los lineamientos exigido por las empresas de energía. Se evaluara la calidad de la presentación, enfoque, gráficos y dibujos presentados que sean necesarios para completar el proyecto.

### EXAMEN FINAL

Evaluación de alumnos libres

El examen final de alumnos libres consistirá en una evaluación escrita sobre trabajos prácticos del presente programa y posterior evaluación oral sobre parte teórica del programa previa aprobación de lo anterior

Evaluación de alumnos regulares

El examen final de los alumnos regulares consistirá en la exposición oral de temas del programa de la materia y la resolución de un ejercicio o ejemplo planteado por el profesor o propuesto por el alumno.

En el examen final tanto libre como regular se evaluará además de los conocimientos técnicos, la expresión oral del alumno, su desempeño y presentación para desarrollar el tema expuesto

En general, tanto en las evaluaciones, como en la presentación de trabajos, además de evaluar los aspectos técnicos, se evaluará el desempeño del alumno en lo que hace a su capacidad de expresión oral y de presentación.

## **IX - Bibliografía Básica**

- [1] [1] Análisis de Sistemas de Potencia.
- [2] [2] John J. Grainger, Willam D. Stevenson JR.
- [3] [3] Editorial : M. Graw Hill .
- [4] [4] Análisis de sistemas eléctricos de potencia.
- [5] [5] Charles Gross.
- [6] [6] Nueva Editorial Internacional
- [7] [7] Aguet Jacquet
- [8] [8] Energía Eléctrica
- [9] [9] Limusa
- [10] [10] Líneas de Transmisión de Energía Eléctrica
- [11] [11] Luis Checa
- [12] [12] 3º Ed. Marcombo
- [13] [13] Líneas de Transmisión y Redes de distribución de Potencia Eléctrica.
- [14] [14] Gilberto Harper
- [15] [15] Centrales y redes Eléctricas.
- [16] [16] Th. Buchhold y H. Hoppoldt.
- [17] [17] Editorial Labor S.A.

## **X - Bibliografía Complementaria**

- [1] [1] Las Corrientes de cortocircuito en las Redes Trifásicas.
- [2] [2] Richard Roeper
- [3] [3] Ed. Marcombo, 2da edición corregida.
- [4] [4] Centrales Eléctricas.
- [5] [5] José Ramírez Vázquez.
- [6] [6] Enciclopedia CEAC de Electricidad, 5ta edición. Barcelona 1972
- [7] [7] Máquinas de Corriente Alterna
- [8] [8] Liwschitz Garic y Whipple
- [9] [9] Ed. CECSA
- [10] [10] Apuntes de la materia.
- [11] [11] Normas AyEE
- [12] [12] Especificaciones Técnicas EPEC
- [13] [13] Especificaciones Técnicas EDESAL

## **XI - Resumen de Objetivos**

El presente curso tiene el objetivo primordial de lograr en el alumno un conocimiento integral de los sistemas de potencia (generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica). Estos conocimientos le permitirán afrontar trabajos de proyecto y ejecución de obras. Además le permitirá ahondar, en el futuro, en algunas de las especialidades relacionadas con la asignatura.

## **XII - Resumen del Programa**

El programa de la materia está estructurado de la siguiente forma:

-Generalidades de sistemas de potencia.

- Estudio de líneas eléctricas en funcionamiento en régimen, transitorio y bajo fallas
- Estudio de componentes de un sistema de potencia
- Estudio de Centrales y Subestaciones
- Estudio de cálculo y proyecto de líneas, redes y sistemas

El cursado de la asignatura comprende clases teóricas/prácticas con una introducción teórica por parte del docente y aplicaciones prácticas mediante problemas y proyectos a medida que se van desarrollando los temas

### **XIII - Imprevistos**

En la carrera de Ingeniería Electricista Electrónica se dicta la asignatura "Sistemas de Generación, Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica" con el mismo programa de la asignatura "Generación, Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica".

### **XIV - Otros**

|  |
|--|
|  |
|--|

| <b>ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA</b> |                             |
|------------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                | <b>Profesor Responsable</b> |
| Firma:                                         |                             |
| Aclaración:                                    |                             |
| Fecha:                                         |                             |