

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍAS



**CALIDAD DE LA
ENERGÍA ELÉCTRICA**

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE ELECTRICIDAD

Año: 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLÓGICAS

1- IDENTIFICACIÓN

1.1-Nombre de la asignatura: **CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

1.2-Carrera a la que pertenece: Ing. Eléctrica.

1.3-Ciclo al que corresponde: Ciclo Profesional

1.4-Correlatividades:

a) Anterior: Instalaciones Eléctricas I, Centrales Eléctricas I, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica I.

b) Posterior: No tiene.

1.5- Carga horaria: Seis (6) horas semanales; noventa (90) horas totales.

1.6- Ubicación curricular: 5° año – Décimo módulo

1.7- Cuerpo docente: Profesor Titular: Ing. Roberto E. Pinto
J.T.P.: Ing. Marcia Evelia Luz Scrimini

2- PRESENTACIÓN

- 2.1 -Dentro de la Física esta asignatura se ubica dentro del electromagnetismo aplicado.
- 2.2 -Se precisan conocimientos previos de generación, transporte, distribución e instalaciones de energía eléctrica.
- 2.3- Por su aporte a la formación del Ingeniero se clasifica dentro de las Tecnologías Aplicadas.

3- OBJETIVOS

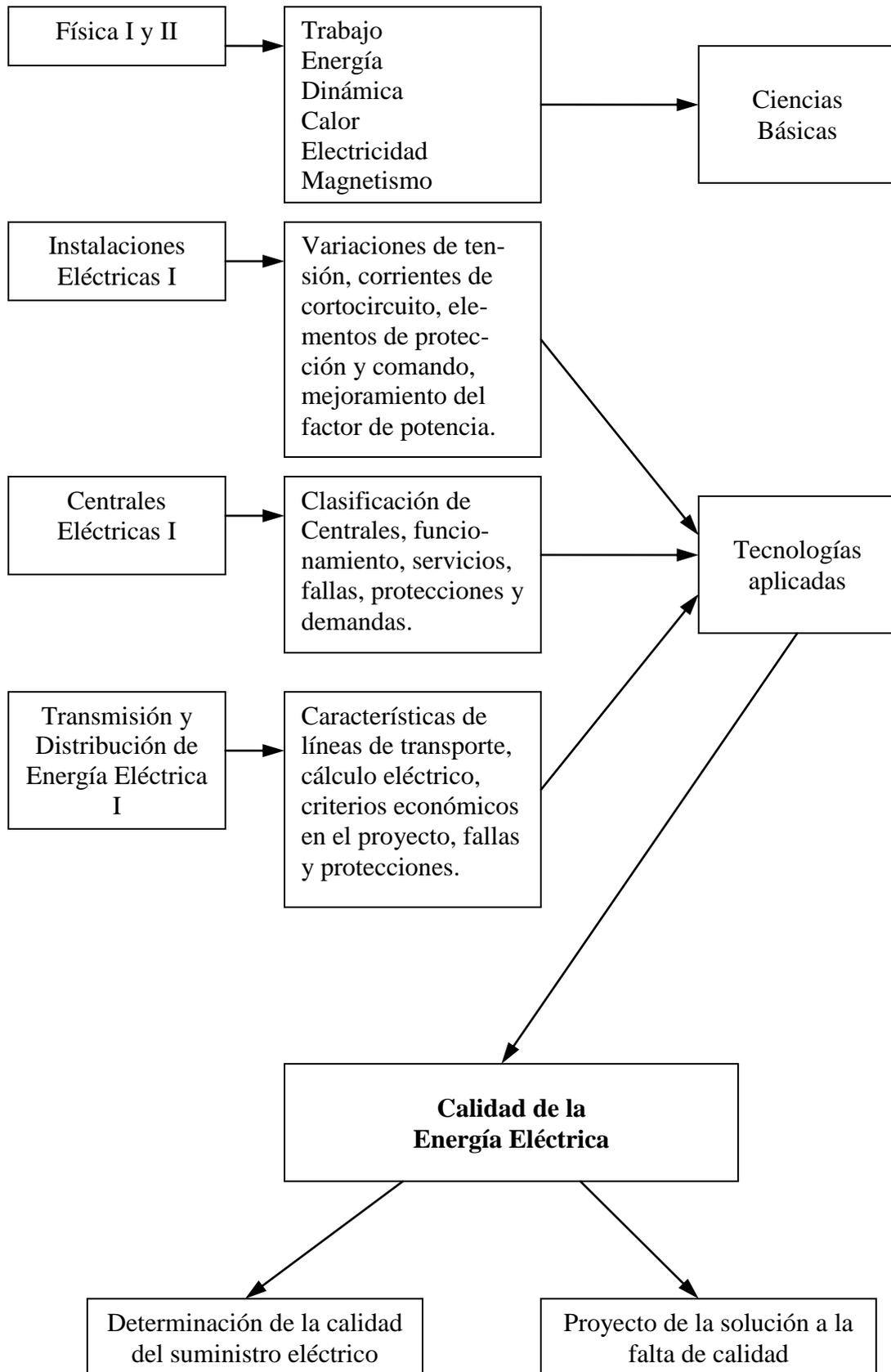
- 3.1 - Objetivos Generales: Son objetivos generales de la asignatura que el alumno:
- a) Se familiarice con el lenguaje técnico usado en la profesión.
 - b) Conozca los problemas de la calidad en el suministro de electricidad; las tendencias actuales en cuanto a los parámetros que definen la Calidad del Producto y del Servicio Eléctrico; las herramientas que permiten la detección, identificación y determinación de las deficiencias; y las medidas correctivas necesarias y su tecnología.
- 3.2 - Objetivos específicos: Se encuentran determinados por el tema de cada unidad didáctica de aprendizaje. Se busca que el alumno adquiriera los conocimientos teóricos y el entrenamiento práctico necesario para el dominio de cada tema indicado.

4- SELECCIÓN Y ORGANIZACION DE LOS CONTENIDOS

4.1 Programación Sintética.

Estructura del sector eléctrico argentino. Mercado Eléctrico Mayorista. Los marcos regulatorios en la generación, transporte y distribución. Las normas de calidad del servicio público y sanciones. Calidad del producto técnico, perturbaciones, variaciones de frecuencia, variaciones de tensión, flicker, huecos de tensión, impulsos de tensión, desequilibrios de tensión, distorsión armónica, factor de potencia con armónicos, factor de desclasificación de transformadores, sistemas de corrección de perturbaciones, punto de conexión común, medición de las perturbaciones.

4.2 ARTICULACION TEMÁTICA - MAPA CONCEPTUAL



4.3- Programación analítica

4.3.1- TEMA I: **INTRODUCCIÓN**

Generación de corriente alternada. Calidad del suministro. Continuidad del servicio. Regulación de la tensión. Control de la frecuencia.

4.3.2- TEMA II: **CONTRATOS DE CONCESIÓN**

Normas de Calidad del Servicio Público y Sanciones - Subanexo 4: Calidad del Producto Técnico, Calidad del Servicio Técnico, Calidad del Servicio Comercial. Etapas de control. Zonas de Calidad Diferenciada. Indicadores de control. Índices de interrupción.

4.3.3- TEMA III: **METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DEL PRODUCTO TÉCNICO – ETAPA 1**

Generalidades. Subestaciones de AT/MT. Centros de MT/BT. Puntos seleccionados. Generación aislada. Puntos de frontera. Parámetros a medir y registrar. Medición de tensión y de energía. Equipos de medición y registro.

4.3.4- TEMA IV: **METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DEL SERVICIO TÉCNICO – ETAPA 1**

Definiciones: interrupciones internas y externas, fuerza mayor, contingencia, primera y última reposición. Índices de cálculo. Datos de interrupciones. Canales de información y su control. Sanciones.

4.3.5- TEMA V: **PRODUCTO TÉCNICO**

Funciones periódicas. Parámetros eléctricos de las ondas. Valor instantáneo, valor pico, valor eficaz y valor medio. Factor de cresta. Factor de forma.

4.3.6- TEMA VI: **ANÁLISIS DE FOURIER**

Serie y coeficientes de Fourier. Fórmulas de Euler. Análisis espectral. Onda cuadrada y diente de sierra. Simetrías de formas de onda. Serie compleja de Fourier.

4.3.7- TEMA VII: **PERTURBACIONES**

Introducción. Definición. Daños. Causantes de perturbaciones. Tipos de perturbaciones. Compatibilidad electromagnética. Niveles de compatibilidad electromagnética.

4.3.8- TEMA VIII: **VARIACIONES DE FRECUENCIA**

Definición. Constancia de la frecuencia. Causas que las originan. Efectos que producen. Acciones de prevención y corrección. Regulación primaria y secundaria de frecuencia en Generadores. Penalizaciones. Demanda. Relés de mínima frecuencia. Distribuidora. Gran Usuario Mayor. Reducción de demanda. Cálculo de cortes. Control de frecuencia y tensión.

4.3.9- TEMA IX: **VARIACIONES LENTAS DE TENSIÓN**

Definición. Valores de referencia. Causas que originan. Efectos que producen. Efectos de tensión baja. Efectos de tensión alta. Medidas de corrección y prevención.

4.3.10- TEMA X: **FLUCTUACIONES DE TENSIÓN Y FLICKER**

Definiciones. Tipos de fluctuaciones. Categorías de flicker. Medida de flicker. Índices de evaluación de flicker. Niveles de compatibilidad. Límites de emisión. Causas que las originan. Efectos que producen. Acciones preventivas y acciones correctivas.

4.3.11- TEMA XI: **HUECOS DE TENSIÓN Y CORTES BREVES**

Definiciones. Valores de referencia. Causas que los originan. Efectos que producen sobre: motores asincrónicos, sincrónicos y de continua; sistemas de control; computadoras. Acciones de prevención y corrección. Medidas a adoptar por la Distribuidora y por el Usuario. Medidas de inmunización.

4.3.12- TEMA XII: **IMPULSOS DE TENSIÓN**

Definición. Clasificación. Parámetros característicos. Valores de referencia. Causas que los originan. Efectos que producen sobre las redes, equipos y cargas. Acciones preventivas y correctivas. Acciones de la Distribuidora y del Usuario. Supresor de impulsos.

4.3.13- TEMA XIII: **DESEQUILIBRIOS DE TENSIÓN**

Definición. Valores de referencia. Medida. Causas que los originan. Efectos que producen. Acciones preventivas y correctivas.

4.3.14- TEMA XIV: **DISTORSIÓN ARMÓNICA**

Definición. Introducción a las corrientes armónicas. Valores de referencia. Niveles de referencia. Causas que las originan. Efectos que producen. Acciones de prevención y corrección.

4.3.15- TEMA XV: **ARMÓNICAS EN LOS CABLES**

Introducción. Armónicas en el neutro. Efecto piel y de proximidad. Recomendaciones. Calentamiento y protección. Sección de los cables. Reglamentación de la AEA: Asociación Electrotécnica Argentina.

4.3.16- TEMA XVI: **FACTOR DE POTENCIA CON CARGAS NO LINEALES**

Introducción. Condiciones sinusoidales. Teorías para condiciones no sinusoidales. Desarrollos matemáticos para determinar las componentes de la potencia para condiciones no sinusoidales: potencia activa, potencia real rotatoria, potencia en cuadratura y potencia de distorsión. Factor de potencia de desplazamiento.

4.3.17- TEMA XVII: **TRANSFORMADORES CON CARGAS NO LINEALES**

Introducción. Histéresis. Corrientes parásitas. Efecto pelicular. Factor K de desclasificación. Transformadores con Factor K.

4.3.18- TEMA XIII: **SISTEMA DE CORRECCIÓN DE PERTURBACIONES**

Introducción. Definición. Sistemas de corrección específicos: regulador de tensión, conjunto motor-generator, reactancias controladas, estabilizadores magnéticos, arrancadores de motores, condensador de almacenamiento, batería de almacenamiento, varistores, descargadores de gas, diodos zener, filtros pasivos y activos de armónicas. Sistemas de corrección universales: UPS, acondicionadores de red y filtros activos de corriente. Consideraciones finales.

4.2.19- TEMA XIX: **SELECCIÓN DEL PUNTO DE CONEXIÓN COMÚN**

Teoría. Determinación del Punto de Conexión Común. Datos y criterios para su estudio. Realidad. Recomendaciones.

4.2.20- TEMA XX: **MEDICIONES DE LAS PERTURBACIONES**

Introducción. Tipos de instrumentos. Instrumentos de valor medio. Instrumentos de verdadero valor eficaz. Multímetros. Pinzas amperométricas. Osciloscopios. Medidores de armónicos. Características de los analizadores de red. Mediciones de perturbaciones con el instrumento Fluke 434.

4.4 PROGRAMA Y CRONOGRAMAS DE TRABAJOS PRACTICOS.

4.4- Cronograma de Trabajos Prácticos

Semana	Teoría	Trabajos Prácticos
1	Introducción y Contrato de concesión	Revisión de Capítulos de regulación de calidad Calculo según metodologías
2		
3	Metodologías Etapas I y II	
4	Fourier – Perturbaciones y Variación de Frecuencias	Problemas – Cálculos y Análisis
5		

6	Variación de tensiones Fluctuaciones y flicker Huecos y cortes breves	
7	Impulso y Desequilibrio de tensión Armónicas	Análisis de una red de todos los casos de calidad expuestos
8		
9	Factor de potencia Transformadores con carga No lineales	
10	Sistemas de corrección de perturbaciones	
11		
12	Puntos de conexión en común	Análisis de criterios Recomendaciones
13		
14	Medición de perturbaciones	Análisis de redes Uso de instrumentación
15		

4.4 *Trabajos prácticos*

- *Síntesis de calidad de servicio exigida según regulación del mercado*
- *Informes y medición de diferentes indicadores de calidad*
- *Recabar información de valores de diferentes jurisdicciones para poder hacer calculo y comparaciones de los indicadores de calidad exigidos según contratos de concesión*
- *Uso de programas computacionales para análisis de pérdidas en redes y caída de tensión para el cálculo proyectos de redes con una calidad de servicio mínima exigida)*

5- BIBLIOGRAFÍA.

- **Calidad de la Energía Eléctrica** – Roberto Enrique Pinto – Editorial Universi-
tas – 2004.
- **Sobretensiones** – Roberto Enrique Pinto – FCEyT – UNSE – 2006.
- **Transformación del Sector Eléctrico Argentino** – C.M. Bastos y M.A. Ab-
dala – Pugliese Siena SRL – 1995.
- **Calidad de Potencia** – Juan Carlos Gómez Targarona – Edigar – 2005.
- **La Amenaza de los Armónicos y sus Soluciones** – Pérez Miguel/Bravo de
Medina/Llorente Antón – Paraninfo – 2000.
- **Perturbaciones Armónicas** – Eric Félice – Paraninfo – 2001.
- **Manual de la Calidad de la Energía** – Pirelli/Sica – 2000.

- **Las perturbaciones eléctricas en BT / CT 141** – Calvas – Schneider Electric – 2001.
- **Sobretensiones y coordinación de aislamiento / CT 151** – Fulchiron – Schneider Electric – 1994.
- **Los armónicos en las redes perturbadas y su tratamiento / CT 152** - Collombet/Lupin/Schonek – Schneider Electric – 2000.
- **Onduladotes y armónicos / CT 159** – Fiorina – Schneider Electric – 1993.
- **Flicker o parpadeo de las fuentes luminosas / CT 176** – Pierda – Schneider Electric – 2001.
- **Armónicos: rectificadores y compensadores activos / CT 183** – Bettega/Fiorina – Schneider Electric - 2000.
- **Estabilidad dinámica de las redes eléctricas industriales / CT 185** – Metz-Noblat/Jeanjean – Schneider Electric – 2000.
- **Las peculiaridades del 3º armónico / CT 202** – Schonek – Schneider Electric – 2001.
- **Detección y filtrado de armónicos** – Schneider Electric –
- **Guía sobre la calidad de la onda en las redes eléctricas** – UNESA - Gráficas Marcar SA – 1996.
- **Ley Nacional de Energía Eléctrica** – Ley N° 15.336.
- **Marco Regulatorio Eléctrico Nacional** - Ley N° 24.065.
- **Decreto Nacional Reglamentario** - Decreto N° 1398/1992.
- **Marco Regulatorio Eléctrico Provincial** – Ley N° 6054.
- **Procedimientos para la Programación de la Operación, el Despacho de Cargas y el Cálculo de Precios – Versión XIX** – Cammesa: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico - 2003.
- **Informes Anuales del MEM de Cammesa.**
- **Resoluciones de la SE:** Secretaria de Energía de la Nación.
- **Resoluciones del ENRE:** Ente Nacional Regulador de la Electricidad.
- **Informes Anuales del ENRE.**
- **Contrato de Concesión de TRANSNOA:** Empresa de Transporte de Energía Eléctrica por Distribución Troncal del Noroeste Argentino.
- **Contrato de Concesión de EDESE:** Empresa de Distribución de Electricidad de Santiago del Estero.
- **Privatización del Mercado Eléctrico** – Salzman/Mendl – AEA: Asociación Electrotécnica Argentina – 1992.
- **Trabajos y presentaciones de Consultoría** realizados por Quantum S.A. y Sigla S.A.
- **Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles** – AEA 90364 – Asociación Electrotécnica Argentina – 2006.

6 – ESTRATEGIA METODOLOGICA

6.1 Se prevé desarrollar la resolución de problemas de aplicación y mediciones con analizadores, con la doble finalidad de afianzar, por una parte, los contenidos teóricos y por otra parte entrenar al alumno en la comprensión del funcionamiento del MEM y en los controles de la calidad del producto y del servicio técnico.

Presentación teórica de power-point del profesor y el alumno.

Guías de Trabajos prácticos con cálculos de problemas

Informes de análisis de calidad de servicio de redes con los equipos de laboratorio:

Fluke 434, pinzas amperométricas, etc

Revisión de calidad de servicios de diferentes distribuidoras.

Uso de programas computacionales para análisis de la calidad de servicio en la red

	Carga horaria	Asistencia Exigida (%)	Nº alumnos estimada	A cargo de	Técnica mas usada	Énfasis	Actividad del alumno	Otros
teórica	4 x sem	80	4	titular	Ppt y copias	Conocer la regulación y niveles de calidad exigidos	Presentación en ppt y monografía	
practica	2 x sem	80	4	Titular y JTP	Guías TP	Efecto de la protección en la calidad	Cálculos e informes de calidad en redes	
Teórica práctica	3 x sem	80	4	Titular y JTP	Visitas y proyectos	Experiencia en caída de tensión, cortes, huecos, etc	Informes de las visitas y experiencias medidas	
Laboratorio	3 x sem		4	JTP	Uso de equipo de análisis de redes	Medición indicadores de calidad	Informes	
otros								

6.2 - PROGRAMACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES:

El programa será desarrollado mediante el dictado de clases expositivas teóricas y clases prácticas con resolución de problemas de aplicación y mediciones. Se desarrollarán seis (6) horas semanales áulicas, distribuidas en cuatro (4) horas de teoría, una (1) hora de promedio por semana de prácticas con resolución de problemas de ingeniería asimilados a situaciones de la realidad y una (1) hora de proyecto y diseño. Además los alumnos desarrollarán como carga adicional Práctica Profesional Supervisada.

7- EVALUACIÓN

7.1- Evaluación Formativa

Se ejecutará para cada unidad didáctica a través de la evaluación de la resolución de problemas de aplicación. Complementariamente se efectuará una evaluación oral del alumno en el transcurso de las clases teórico-prácticas, para que los alumnos desarrollen una mejor comunicación oral y escrita. Se efectuarán además un examen práctico al término del módulo de enseñanza.

Trabajo grupal con medición de la calidad como caída de tensión, flicker, cortes, microcortes, huecos de tensión con los equipos de medición de laboratorio de la facultad comprado para tal fin

7.3 Evaluación parcial será: monografías, presentación teórica en diapositivas para afianzar el manejo de ppt y resolución de Trabajos Prácticos con introducción teórica y análisis de calidad, informes sobre mediciones realizadas con instrumental apropiado

7.3-3 Escala de valoración: del 1 al 10 con múltiple choice .

7.4- Evaluación final integradora

Se efectuará un examen final, en donde el alumno expondrá en forma oral las reglamentaciones, los criterios y métodos de cálculo y medición utilizados para realizar un estudio integral de la calidad del suministro eléctrico.

7.6.2 - Condiciones para la regularidad

Se obtendrá la regularidad con el cumplimiento de las siguientes exigencias:

80% de asistencia a clases teórico-prácticas.

Aprobación de la totalidad de los trabajos prácticos ejecutados por el alumno.

Se tomará una evaluación práctica a la finalización del módulo de enseñanza.

7.7 Examen final: Presentación de trabajo y defensa individual, con énfasis en los conocimientos de regulación del mercado eléctrico, demostración del uso de instrumentación de medición de calidad de servicio

7.8 Examen libre: Resolución de un examen práctico y teórico oral con los contenidos del programa

Ing. Roberto Enrique Pinto

Calidad de la Energía Eléctrica

Profesor Titular

FCEyT - UNSE