

Formulario de Aprobación Curso de Posgrado 2013

**Asignatura: Calidad de la Energía**

(Si el nombre contiene siglas deberán ser aclaradas)

**Profesor de la asignatura** <sup>1</sup>: Dr. Ing. Juan Carlos Gómez (Prof. Titular, Univ. Nacional de Río Cuarto, Córdoba)

(título, nombre, grado o cargo, Instituto o Institución)

**Profesor Responsable Local** <sup>1</sup>: Dr. Ing. Mario Vignolo, Prof. Agregado, IIE.

(título, nombre, grado, Instituto)

**Otros docentes de la Facultad:**

(título, nombre, grado, Instituto)

**Docentes fuera de Facultad:**

(título, nombre, cargo, Institución, país)

**Instituto ó Unidad:** IIE

**Departamento ó Area:** Departamento de Potencia

<sup>1</sup> Agregar CV si el curso se dicta por primera vez.

(Si el profesor de la asignatura no es docente de la Facultad se deberá designar un responsable local)

**Fecha de inicio y finalización:** 24/06/13 a 28/06/13

**Horario y Salón:** 8:00 a 12:00 y de 14:00 a 18:00 Salón GRIS

**Horas Presenciales:** 40

(se deberán discriminar las mismas en el ítem Metodología de enseñanza)

**Créditos:** 6

**Público objetivo y Cupos:**

(Si corresponde, se indicará el número de plazas, mínimo y máximo y los criterios de selección. Asimismo, se adjuntará en nota aparte los fundamentos de los cupos propuestos. Si no existe indicación particular para el cupo máximo, el criterio general será el orden de inscripción en el Depto. de Posgrado, hasta completar el cupo asignado)

Profesionales en general y alumnos de Maestría y Doctorado, con título de Ingenieros

Electricistas Electrónicos, Electricistas, Electromecánicos y Mecánico Electricistas.

Máximo: 30. El cupo se justifica por la acotada disponibilidad de tiempo del docente del curso y la carga horaria asociada a la corrección de la prueba escrita y a la corrección de los trabajos finales.

**Objetivos:** El objetivo del curso consiste en dar una visión global del problema de la Calidad del Producto en el suministro de Energía Eléctrica. Esto implica desarrollar los siguientes aspectos:

- Conocer las tendencias actuales en cuanto a los parámetros que definen la calidad del Producto Eléctrico:

♦ Definiciones

♦ Estándares internacionales

- Suministrar las herramientas que permitan:

♦ Detección e identificación del problema

♦ Establecer el origen de la deficiencia

♦ Su estudio y análisis

♦ Establecer el impacto sobre los componentes del sistema y/o sobre el sistema

- ♦ Reconocer métodos y técnicas de mitigación y/o reducción de efectos
- ♦ Analizar y/o determinar el impacto económico de tales deficiencias, como pérdida de producción o sanción resarcitoria

Los contenidos están enfocados desde los tres puntos de vista de los principales actores, suministrador de energía eléctrica, usuario final y fabricante de equipos eléctricos.

También se busca mostrar al asistente las diversas tendencias mundiales, fundamentalmente de Europa y EEUU en lo que respecta a estándares de calidad. Se enfatiza especialmente el estudio en lo concerniente a distribución y transmisión, área en la cual se espera para los próximos años un desarrollo vertiginoso, brindando así una formación acorde a los requerimientos actuales.

**Conocimientos previos exigidos:** Formación profesional en Ingeniería Eléctrica

**Conocimientos previos recomendados:**

**Metodología de enseñanza:**

(comprende una descripción de las horas dedicadas por el estudiante a la asignatura y su distribución en horas presenciales -de clase práctica, teórico, laboratorio, consulta, etc.- y no presenciales de trabajo personal del estudiante)

- Horas clase (teórico): 30
- Horas clase (práctico): 10
- Horas clase (laboratorio):
- Horas consulta:
- Horas evaluación:
- Subtotal horas presenciales: 40
- Horas estudio: 40
- Horas resolución ejercicios/prácticos:
- Horas proyecto final/monografía: 20
- Total de horas de dedicación del estudiante: 100

Forma de evaluación: Realización de un trabajo monográfico de 20 horas de duración, sobre un tema a determinar.

**Temario:**

**- Introducción**

Calidad de la energía y electrónica de potencia. Principales perturbaciones e irregularidades.

Evolución temporal. Sensibilidad o debilidad del equipamiento moderno. Aumento del número y nivel de las perturbaciones. Nuevos criterios de mantenimiento del servicio.

Tendencias para futuro inmediato.

### - Terminología y definiciones

Principales términos y definiciones dadas en las Normas Nacionales, Internacionales

(Norteamericanas y Europeas) y de uso común. Interrupciones cortas, transitorias y

momentáneas. Huecos y aumentos de tensión, distorsión por armónicas (THD), notches, impulsos, flicker, variaciones lentas de tensión, desbalances, etc. Introducción a Compatibilidad Electromagnética.

### - Normas sobre calidad de potencia

Reglamentaciones vigentes sobre calidad, Ley Nacional N° 24065, Decreto N° 1398/92, Resoluciones ENRE N° 0184/2000 y 99/97, IEC 61000, IEC 60868, IEEE 141-1993, IEEE 519-1992, IEEE 1159-1995, IEEE 1250-1995 e IEEE 1346-1998.

### - Interrupciones y huecos de tensión

Curvas CBEMA-ITIC-SEMI F47. Equipamiento sensible. Medidas de atenuación. Interacción con el esquema de protección. Recierre rápido y modificación del ciclo de reconectores. Eventos repetitivos. Salto del ángulo de fase. Criterio de energía específica constante.

Relación de la capacidad de soportar transitorios con la energía almacenada. Huecos trifásicos.

### **Relación con el número de fallas y tormentas eléctricas. Estudios estadísticos y probabilidad de ocurrencia. Arranques de motores, conexión de transformadores y hot/cold load pickup.**

Índices de confiabilidad considerando la calidad de potencia. Extensión de los tradicionales SAIFI y CAIFI.. Efecto de los nuevos índices en la categorización de la empresa de distribución. Impacto de la Generación Distribuida.

### - Sobretensiones

Clasificación en base a su duración y forma de onda. Sobretensiones Impulsivas y oscilatorias.

Orígenes de las sobretensiones y sus efectos en el sistema. Conexión de capacitores. Curvas de sensibilidad. Efecto sobre los equipos sensibles. Transferencia de la sobretensión originada en el sistema al equipo de uso final, protecciones y precauciones. Interrelación entre sistemas de alimentación, telefónicos, videocable, etc. Relación con las puestas a tierra. Estadísticas de daño, con alcance internacional.

### - Armónicas

Análisis de Fourier: Transformada de Fourier y transformada discreta de Fourier. Frecuencia de Nyquist y aliasing. Formas básicas de representación. Ejemplos.

**- Cargas contaminantes**

Cargas no lineales. Circuitos magnéticos saturables y semiconductores de potencia. Fuentes conmutadas, cargadores de baterías, iluminación fluorescente y lámparas de arco. Variadores de velocidad. Cargas recíprocas y alternativas. Cargas fuertemente variables, tracción eléctrica. Motores de arranque reiterado-simultáneo. Cargas por trenes de pulsos.

**- Efectos de los armónicos en el sistema**

Resonancia serie y paralelo. Efectos de armónicos en máquinas rotantes: pérdidas y cuplas armónicas. Efecto en: cables, condensadores, medidores de energía, dispositivos de protección, etc. Reducción de la capacidad de carga de transformadores (IEEE C57.110 – 1998). Estándares Nacionales (Resoluciones ENRE 184/00 y 99/97) e Internacionales. Límites y sanciones. Ejemplos.

Incertidumbres de las mediciones en condiciones no senoidales.

**- Métodos de análisis de propagación de armónicos**

Flujo de potencia armónica. Derivación experimental de impedancias armónicas equivalentes.

Modelado de componentes. Algoritmos. Definiciones de potencia reactiva bajo condiciones no senoidales. Corrección de factor de potencia bajo condiciones no senoidales. Posibles soluciones.

**- Flicker**

Características generales. Efecto psicológico y sobre la visión. Medición de parpadeo:

magnitudes y medidores. Normas Nacionales e internacionales. Principales causas. Efecto sobre lámparas: incandescentes y de descarga gaseosa. Productores de flicker: hornos de arco, soldaduras, motores con cargas alternativas y arranques múltiples, irregularidades constructivas de generadores, generadores eólicos, etc. Medidas de atenuación, compensación reactiva dinámica y estática.

**- Variaciones de tensión de régimen permanente**

**Sobre y sub-tensiones:** Límites aconsejables y tolerables. Variación en el comportamiento de los equipos: potencia de salida, rendimiento, factor de potencia, etc. Influencia sobre la vida útil. Esquema de penalización por apartamiento de tensiones. Experiencias Nacionales e Internacionales. Blackout - Brownout. Shedding.

**Desbalances:** Efectos sobre el equipamiento de los sistemas eléctricos. Cargas estáticas y rotativas. Variación de la sensibilidad con la tensión de alimentación.

**- Monitoreo de la calidad de la energía**

---

**Metodologías y equipos. Filtrado y procesado de los datos. Resultados de relevamientos en el exterior y en nuestro medio. Nivel de información requerida para resultados representativos.**

Guías para plan de monitoreo. Valores considerados "normales" y apartamientos típicos.

Número típico de eventos. Estudio probabilístico.

**- Mejoras de la calidad**

Nuevas tecnologías y equipamientos. Fuentes no-interrumpibles, interruptores ultrarápidos.

Almacenadores de energía magnética empleando superconductores (SMES). Compensadores estáticos (STATCOM), AVC (compensador reactivo adaptivo), Custom Power y Superparques industriales.

**- Costos de las interrupciones y huecos de tensión**

Costos según tipo de usuario. Aplicaciones y procesos críticos. Tiempos de reposición en función de la duración y profundidad de la perturbación. Costo de la perturbación versus costo de la medida de mitigación.

**- Aspectos contractuales, reglamentaciones y tarifas.**

Contratos con servicio preferencial.

---

**Bibliografía:**

(título del libro-nombre del autor-editorial-ISBN-fecha de edición)

- Calidad de potencia: para usuarios y empresas eléctricas, Gómez, J. C., Editorial EDIGAR S.A., 2005, ISBN: 987-97785-2-9.

- Armónicos en Sistemas Eléctricos: Fundamentos y Análisis, Reineri, C. A., Editorial Fundación de la Universidad Nacional de Río Cuarto, 2005, ISBN: 987-1003-28-5.

- Power Quality: Mitigation Technologies in a Distributed Environment, Gómez, J. C., Morcos, M. M., Autores del Capítulo 10, Editorial Springer-Verlag (London) Ltd., ISBN: 978-1-84628-771-8, 2007.

- Electric Power Quality, Heydt, G. T., Stars in a Circle Publications, ISBN 9992203048, 1991.



## Facultad de Ingeniería Comisión Académica de Posgrado

---

- Electrical Power System Quality, Dugan, R. C.; McGranaghan, M. F.; Beaty, H. W., McGraw Hill, ISBN 0070180318, 1996.
  - Understanding Power Quality Problems: voltage sags and interruptions, Mathias H. J. Bollen, IEEE Product. N° PC5764-RAK, ISBN 0780347137, 1991.
  - Power Quality Solutions: Case Studies for Troubleshooters, Porter, Gregory J. (Editor) and Van Scivier, J. Andrew (Editor), Prentice Hall, (Fairmont Press), ISBN 0130207306, 1998.
  - Advanced Power Quality Analysis, Gualachenski, Edward M., IEEE Press., ISBN 0780323343, 1998.
  - IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE Press., ISBN 1559375493, 1995.
  - Power System Quality Assessment, Arrillaga, J; Watson, N.R. and Chen, S., John Wiley & Sons., ISBN 0471988650, 1999.
  - Practical Guide to Quality Power for Sensitive Electronic Equipment, Waggoner, R. M. (Editor), Intertec Pub. Corp./Telephony, ISBN 0872886670, 1997.
  - Electrical Power Quality Control Techniques, Wilson, E.; PhD. Kazibwe; Musoke, H. and PhD. Sendaula, ASIN 0442010931, 1999.
  - Power Quality: Computer Network Power Protection Problems Myths and Solutions, Wendel Laidley, ASIN 0931033306, 1999.
-