



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Universidad Nacional de La Plata



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA

Código: **E1241**

Programa de:

**Técnicas de Medición y  
Comunicación en Sistemas  
Eléctricos**

Fecha Actualización: 08/11/2023

**CARRERAS PARA LAS QUE SE DICTA**

Carrera	Plan	Carácter	Cantidad de Semanas	Año	Semestre	
<b>Ingeniería en Energía Eléctrica</b>	<b>2018</b>	<b>Obligatoria</b>	<b>Totales: 21</b>		<b>4to</b>	<b>1ro</b>
			<b>Clases: 16</b>	<b>Evaluaciones: 5</b>		

**CORRELATIVIDADES**

PARA CURSAR	PARA APROBAR
<b>E1211 Análisis de Sistemas y Señales (Aprobada) E1206 Circuitos y Sistemas Lineales (Regularizada)</b>	<b>E1206 Circuitos y Sistemas Lineales (Aprobada)</b>

**DATOS GENERALES**

**PLANTEL DOCENTE**

Departamento: Electrotecnia

Área:

Tipificación: Tecnológicas Aplicadas

Prof. Responsable: **ISSOURIBEHERE, Fernando**

Profesor Titular: **ISSOURIBEHERE, Fernando**

Profesor Asociado: --

Profesor Adjunto: **MAYER, Hugo Gastón**

**HORAS**

Bloque de CB	Mat.	<b>0.0</b>
	Física	<b>0.0</b>
	Química	<b>0.0</b>
	Informática	<b>0.0</b>
	<b>Total</b>	<b>0</b>
Bloque de TB	<b>0</b>	
Bloque de TA	<b>86</b>	
Bloque de Complementarias	<b>10</b>	
Bloque de Otros Contenidos	<b>0</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>96</b>	

JTP: --

Ay. Diplomado: **NÚÑEZ, Francisco**

<b>CARGA HORARIA</b>			
<b>HORAS DE CLASE</b>			
<b>TOTALES: 96</b>		<b>SEMANALES: 6</b>	
<b>TEORÍA: 48</b>	<b>PRÁCTICA: 48</b>	<b>TEORÍA: 3</b>	<b>PRÁCTICA: 3</b>
<b>FORMACIÓN PRACTICA</b>			
<b>Formación Experimental 8</b>	<b>Resol. de Problemas 8</b>	<b>Proyecto y Diseño 0</b>	<b>PPS 0</b>
<b>HORAS DE ESTUDIO ADICIONALES A LAS DE CLASE (NO ESCOLARIZADAS)</b>			
<b>TEORÍA: 0.0</b>		<b>PRÁCTICA: 0.0</b>	
<b>OBJETIVOS:</b>			
<p>Los grandes avances tecnológicos en los campos de las mediciones y las comunicaciones electrónicas, y su inminente introducción en los sistemas eléctricos, como por ejemplo en las redes inteligentes, hacen que sean necesarios ingenieros cada vez más calificados y con conocimientos sólidos que les permitan adaptarse a las nuevas tecnologías. Para ello es indispensable que se contemple en el diseño curricular de la carrera de Ingeniería en Energía Eléctrica, una sólida formación en los principios y aplicaciones de los sistemas de mediciones y comunicaciones electrónicas. Los objetivos de esta asignatura son impartir las nociones básicas de las mediciones y las comunicaciones electrónicas a los alumnos de la Carrera de Ingeniería Eléctrica. Los alumnos podrán, así, comprender los fenómenos, sus justificaciones teóricas y los métodos de cálculo analítico y de diseño con programas de computadora. Los alumnos adquirirán capacidad para la implementación de circuitos prácticos sencillos, la selección de equipos y componentes y la verificación experimental con instrumental profesional. El aprendizaje posibilitará la comprensión de aplicaciones orientadas a la Industria y al Sector Eléctrico, tales como mediciones en sistemas eléctricos públicos e industriales, y la comprensión de los sistemas de comunicaciones básicos asociados a la operación de los Sistemas Eléctricos de Potencia.</p>			
<b>PROGRAMA SINTÉTICO:</b>			
<p>Perturbaciones en sistemas eléctricos. Técnicas de análisis y medición. Transductores. Adquisición de señales. Microprocesadores y Microcontroladores. Comunicaciones en sistemas eléctricos. Redes inteligentes. Mediciones fasoriales.</p>			
<b>PROGRAMA ANALÍTICO:</b>		<b>AÑO DE APROBACIÓN: 2017</b>	
<u>Primer Módulo</u>			
<p>1) RESPUESTA EN FRECUENCIA DE LOS SISTEMAS LINEALES  Repaso de serie de Fourier. Integral de Fourier y sus propiedades. Transmisión de señales a través de los sistemas lineales. Respuesta en frecuencia. Respuesta de las redes. Efectos de la variación de la fase en la transmisión de señales. Respuestas al escalón y al impulso de una red. Densidad espectral de potencia.</p>			
<p>2) TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE TENSIONES Y CORRIENTES  Transformadores de tensión y corriente: Características. Circuitos equivalentes. Respuesta en frecuencia y ancho de banda. Clases de exactitud. Comportamiento en estado de saturación. Comportamiento ante transitorios. Aplicaciones. Divisores de tensión: Topologías. Circuitos equivalentes. Respuesta en frecuencia y ancho de banda. Aplicaciones. Sensores de corriente: Shunts, pinzas de corriente con núcleo magnético y bobinas de Rogowsky. Circuitos equivalentes. Especificaciones. Aplicaciones. Sensores de campo eléctrico y magnético. Principio de</p>			

funcionamiento. Respuesta en frecuencia y ancho de banda. Aplicaciones. Sensores ópticos: Principio de funcionamiento. Aplicaciones.

### 3) TRANSDUCTORES

Sensores: Características. Sensores de temperatura. Sensores mecánicos (medidas de caudal, presión, nivel). Sensores de proximidad (inductivos, capacitivos). Optoelectrónica. Circuitos de adecuación de señal. Aplicaciones. Actuadores: Características. Electroválvulas. Servomotores y motores paso a paso.

### 4) ADQUISICIÓN DE SEÑALES

Señales de tensión y corriente: Lazos de corriente. Señales de modo común y diferencial. Aislamiento galvánico. Separadores. Acoplamiento capacitivo e inductivo. Métodos de protección. Blindajes. Puesta a tierra. Ruido. Muestreo y reconstrucción de señales: Teorema del muestreo. Cuantización. Conversión analógica-digital (conversión AD) y conversión digital-analógica (conversión DA). Topologías. Aplicaciones.

### 5) MICROPROCESADORES Y MICROCONTROLADORES

Microprocesadores y microcontroladores: Introducción. Modelo de computadora. El microprocesador. La memoria de acceso aleatorio (RAM). La memoria de sólo lectura (ROM). El reloj. Entradas y salidas digitales y analógicas. Interrupciones. Herramientas de programación. Operaciones aritméticas. Programas básicos. Manejo de entradas y salidas. Comunicaciones. Computadoras en la industria. Control de procesos.

## Segundo Módulo

### 6) INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES

Repaso de unidades: dB, dBm, dBW. Ruido. Ruido de disparo y ruido térmico. Potencia de ruido. Consideraciones del ruido térmico. Relación de potencia de señal a ruido. Factor de ruido y Figura de ruido. Temperatura equivalente de ruido. Fórmula de Friis. Medios de transmisión guiados: Par trenzado, cable coaxial y fibra óptica. Características de atenuación. Anchos de banda. Aplicaciones. Medios de transmisión inalámbricos: Microondas terrestres, microondas satelitales y ondas de radio. Características de atenuación. Pérdida en el espacio libre. Anchos de banda. Aplicaciones. Cálculos de enlaces.

### 7) SISTEMAS DE COMUNICACIONES ANALÓGICAS

Principios de modulación de amplitud (AM). Análisis matemático. La envolvente de AM. Índice de modulación. Distribución de tensiones y potencias de una señal de AM. Espectro de frecuencias y ancho de banda de AM. Circuitos transmisores de AM. Circuitos receptores de AM. Modulación Angular (FM). Análisis matemático. Desviación de frecuencia e índice de modulación. Distribución de tensiones y potencias de una señal de FM. Espectro de frecuencias y ancho de banda de FM. Ancho de banda de Carson. Circuitos transmisores de FM. Circuitos receptores de FM.

### 8) SISTEMAS DE COMUNICACIONES DIGITALES

Introducción. Teorema de muestreo. Demostración. Reconstrucción de señales muestreadas. Sistemas PAM. Conversión analógica a digital: aplicación a la modulación por codificación de pulsos (PCM). Ruido de cuantización en PCM. Multicanalización de señales en el tiempo (TDM). Ejemplos de sistemas PAM y PCM. Probabilidad de error de bit (BER) de los sistemas PCM: relaciones entre potencia de señal, potencia de ruido y ancho de banda y velocidad de transmisión. Sistemas M-arios. Capacidad del sistema. Límite de Nyquist y límite de Shannon. Relación entre ambos.

### 9) TÉCNICAS DE MODULACIÓN DIGITAL

Introducción. Comunicaciones binarias. Manipulación por encendido y apagado (OOK) o (ASK). Probabilidad de error de bit. Ancho de banda. Manipulación por corrimiento de frecuencia (FSK). Probabilidad de error de bit. Ancho de banda. Manipulación por corrimiento de fase (PSK). Probabilidad de error de bit. Ancho de banda. Eficiencia espectral. Comparación de desempeño de sistemas. Modems: aplicación a la transmisión de datos mediante el empleo de los equipos telefónicos. Telefonía Celular.

### 10) COMUNICACIONES DIGITALES EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Redes inteligentes. Conceptos básicos. Ventajas y desventajas. Sistemas de medición de energía inteligentes. Ejemplos de implementación en diversos países. Automatización de subestaciones eléctricas. Sistema SCADA. Telecontrol. IEC 61850. Criterios de diseño de subestaciones. Requerimientos de comunicaciones. Sistema de

medición Fasorial (sincrofasores). Desarrollo de un sistema de medición fasorial. Unidades de medición fasorial (PMU). Medición de frecuencia y modos de oscilación. Aplicaciones.

**ACTIVIDADES PRÁCTICAS:**

Primer Módulo

Trabajo Práctico N° 1. Respuesta en frecuencia de los sistemas lineales. Transformada de Fourier (2 clases)

Trabajo Práctico N° 2. Técnicas de medición de tensiones y corrientes. (2 clases)

Trabajo Práctico N° 3. Transductores. (3 clases)

Trabajo Práctico N° 4. Transmisión y adquisición de señales. (2 clases)

Trabajo Práctico N° 5. Microprocesadores y microcontroladores. (4 clases)

Trabajo experimental N° 1: Microprocesadores y Microcontroladores (1 clase)

Segundo Módulo

Trabajo Práctico N° 6. Introducción a las comunicaciones. (3 clases)

Trabajo Práctico N° 7. Sistemas de comunicaciones analógicas. (3 clases)

Trabajo Práctico N° 8. Sistemas de comunicaciones digitales. (3 clases)

Trabajo Práctico N° 9. Técnicas de modulación digital. (3 clases)

Trabajo Práctico N° 10. Comunicaciones digitales en los sistemas eléctricos. (2 clases)

Trabajo experimental N° 2: Respuesta en frecuencia de sistemas lineales, Teorema del Muestreo y Técnicas de modulación (1 clase)

**METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:**

El desarrollo de la actividad en la materia estará dividido en dos unidades temáticas llamadas Módulo 1, que comprende las bolillas 1 a 5, y Módulo 2 que comprende las bolillas 6 a 10. Al finalizar cada Módulo o Unidad Temática se realizará la correspondiente evaluación.

Las unidades temáticas se desarrollarán en dos clases teóricas presenciales por semana de una hora y media de duración cada una.

Desde el primer día los apuntes completos de los temas abarcados por la materia estarán disponibles en formato electrónico en el sitio Moodle de la Materia. De este modo se aprovechará al máximo la capacidad de atención de los alumnos, ya que sólo requerirán tomar apuntes de ciertas aclaraciones realizadas por el docente.

Las clases teóricas consistirán en la explicación de los temas por parte del Profesor. En el inicio de cada clase se realizará un enfoque panorámico e introductorio al tema, para brindarle al alumno una noción de la real importancia del tema en un contexto global y para que se comprenda la necesidad de abordarlo en detalle. A continuación se pasa al desarrollo con la profundidad establecida en el Programa de la materia. El alumno participará planteando sus dudas, o aspectos que despierten su interés a lo largo de la clase. Al final de cada clase, el Profesor introducirá los aspectos más relevantes de la siguiente clase, con la finalidad de inducir al alumno a leer los temas correspondientes, antes de la explicación, dado que cuenta con los apuntes de la materia.

A continuación de cada clase teórica, se dispondrá de una hora y media para el desarrollo de la clase práctica y consulta, en la que el alumno contará con la ayuda de los docentes de la Cátedra para resolver las dificultades que vayan encontrando.

Las clases prácticas constarán de una explicación, por parte de los docentes de la cátedra, de aquellos ejercicios que ameriten una explicación particular y el resto del tiempo se destinará a la asistencia de las consultas específicas, sobre las guías de trabajos prácticos. Se realizarán también discusiones generales.

Adicionalmente, los alumnos contarán con ejercicios modelo resueltos en forma didáctica en el sitio Moodle de la Cátedra.

No se exigirá presentación de carpeta de trabajos prácticos con problemas resueltos, aunque se recomendará enfáticamente a los alumnos la resolución de todos los problemas planteados y que adquieran el hábito de verificar los resultados por sí mismos mediante el uso de Matlab, Simulink o simulaciones con PSpice, de manera que pueda integrar los conocimientos adquiridos, desarrolle su propia experiencia y obtenga de manera correcta sus propias conclusiones.

Está previsto desarrollar dos experiencias de laboratorio, respectivamente, al final de cada módulo. Cada Alumno deberá realizar un informe que será evaluado y calificado individualmente.

El contenido teórico y práctico brindarán al alumno herramientas de identificación, análisis de problemas y formulación de soluciones que podrá utilizar en el resto de las asignaturas de la carrera y le servirán para enfrentar la solución de proyectos complejos que encontrará durante el transcurso de la vida profesional.

Al finalizar el curso, el alumno:

- Tendrá la capacidad de abordar desafíos técnicos desde diferentes aristas.
- Contará con múltiples fundamentos teóricos y herramientas técnicas para formular soluciones.
- Se habrá familiarizado con herramientas de cálculo, así como en el uso de software de simulación.
- Adquirirá técnicas de análisis de sistemas de mediciones y de comunicaciones en sistemas eléctricos.
- Aprenderá a diagramar y realizar informes técnicos.

**ACTIVIDADES EXTRACURRICULARES SISTEMATIZADAS** (visitas, charlas, conferencias, etc.):

**SISTEMA DE EVALUACIÓN:**

Se prevén dos Evaluaciones Parciales, una por cada unidad temática o Módulo en que se subdivide la materia. Para rendir cada evaluación parcial el Alumno cuenta con dos fechas posibles prefijadas, es decir, una única oportunidad de recuperación. Por lo tanto, el Alumno puede hacer uso, en caso de requerirlo, de las dos fechas previstas para cada módulo.

Además, se dispone de una única fecha de Recuperación Adicional, al finalizar del dictado del curso, destinada a obtener la aprobación de uno de los módulos.

Todas las evaluaciones comprenden temas teóricos y prácticos. Además de la correcta resolución de los ejercicios, se evaluará si el nivel de conocimientos es adecuado para interpretar correctamente lo que se pregunta, el criterio del alumno para plantear el problema y cómo elabora la respuesta.

Aprobación de las Evaluaciones

- Evaluaciones Parciales: El Alumno debe demostrar un nivel mínimo de conocimientos sobre todos y cada uno de los temas evaluados. Las evaluaciones se aprueban cuando para cada uno los temas evaluados el puntaje obtenido es, al menos, igual a 4 puntos.

- Recuperación Adicional: Se dispone al finalizar el dictado del curso, luego de las fechas de evaluación del Segundo Módulo. Se podrán recuperar temas individuales de cada módulo o un módulo completo.

Aquellos alumnos cuya calificación final sea igual o superior a 6 aprobarán la materia por el régimen de promoción, mientras que los que hayan obtenido una calificación igual o mayor a 4 e inferior a 6 obtendrán la cursada de la materia y deberán rendir un examen final para su aprobación.

**OBSERVACIONES:**

**BIBLIOGRAFÍA:**

- Clayton R. Paul: Introduction to Electromagnetic Compatibility. Wiley-Interscience. 2006. ISBN: 978-0-471-75500-5.
- Henry W. Ott: Electromagnetic Compatibility Engineering. Wiley. 2009. ISBN: 978-0-470-18930-6.
- Paul M. Embree: C Algorithms for Real-Time DSP. Prentice Hall. 1995. ISBN: 0-13-337353-3.
- Thomas L. Floyd: Fundamentos de Sistemas Digitales. Pearson. Prentice Hall. 2006. ISBN: 10-84-8322-085-7.
- John G. Webster: Electrical Measurement, signal processing and Displays. CRC Press. 2004. ISBN: 0-8493-1733-9.
- Ramón Pallás Areny: Sensores y Acondicionadores de señal. Marcombo. 2005. ISBN: 842-671-3440.
- Robert B. Northrop: Introduction to Instrumentation and Measurements. CRC. Taylor and Francis. 2005. ISBN: 978-1-4200-5785-0.
- Timothy J. Maloney: Electrónica Industrial Moderna. 2006. ISBN: 970-26-0669-1.
- Network Protection and Automation Guide. Alstom. 2011. ISBN-978-0-9568678-0-3.
- Edward J. Holmes: Protection of Electricity Distribution Networks. 2005. ISBN-978-0-86341-537-1.
- León. W. Couch: Sistemas de Comunicaciones Digitales y Analógicos. Pearson. Prentice Hall. 2008. ISBN: 978-970-26-1216-2.
- B. Lathi: Introducción a la teoría y sistemas de comunicación. Limusa Editores. 2001. ISBN: 968-18-0555-0.
- Wayne Tomasi: Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Pearson Education. 2003. ISBN: 970-26-0316-1.

• William Stalling: Comunicaciones y Redes de Computadoras. Pearson. Prentice Hall. 2004. ISBN: 978-84-205-4110-5.

**EJES Y ENUNCIADOS MULTIDIMENSIONALES Y TRANSVERSALES:**

- Proyecto, cálculo, diseño y planificación de sistemas e instalaciones de generación, conversión, transmisión y distribución de energía eléctrica. (GRADO BAJO).
  - Supervisión, automatización, control y medición de sistemas e instalaciones de generación, conversión, transmisión y distribución de energía eléctrica. (GRADO ALTO).
  - Selección y especificación de equipamientos, aparatos y componentes de sistemas e instalaciones de generación, conversión, transmisión, distribución, automatización, control, y medición de energía eléctrica. (GRADO MEDIO).
  - Desarrollo, interpretación y aplicación de normas y estándares nacionales e internacionales de sistemas e instalaciones de generación, conversión, transmisión, distribución, supervisión, automatización, control, medición y utilización de energía eléctrica. Marcos normativos y regulatorios de la actividad electroenergética y criterios de eficiencia energética. (GRADO BAJO).
  - Desarrollo y/o aplicación de la metodología de inspección, de ensayo, de medición, de diagnóstico y protocolización en equipos, instalaciones y sistemas de energía eléctrica. (GRADO MEDIO).
- 
- Identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería eléctrica. (GRADO ALTO).
  - Concepción, diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería eléctrica. (GRADO MEDIO).
  - Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería eléctrica. (GRADO MEDIO).
  - Fundamentos para una comunicación efectiva. (GRADO BAJO).
  - Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable. (GRADO MEDIO).

**MATERIAL DIDÁCTICO:**

El material didáctico que se menciona a continuación estará a disposición del Alumno en formato electrónico en el sitio Moodle de la Cátedra.  
 Apuntes de Teoría, Guías de Trabajos Prácticos y de Laboratorio, Ejercicios modelo resueltos en forma didáctica. Separatas de libros, ejemplos de código fuente para diferentes cálculos, etc.

**ACTIVIDAD LABORATORIO-CAMPO**

Nombre	Tema	Laboratorio	Días y Horarios
<b>Trabajo Experimental N° 1</b>	<b>Microcontroladores y Microprocesadores</b>	<b>IITREE</b>	<b>A definir (al final del Primer Módulo)</b>

**Descripción:**  
 Esta experiencia de Laboratorio tiene por objeto demostrar el uso de un microcontrolador, mediante la utilización de una herramienta de programación y desarrollo, con la finalidad de ejemplificar su uso los microcontroladores para la elaboración de sistemas de medición e instrumentos de medición.  
 Durante el laboratorio se desarrollan sistemas de comando y medición con sensores y actuadores y se implementa un medidor de energía monofásico.  
 Cada Alumno deberá documentar la actividad de laboratorio en un Informe personal que será corregido y calificado por la Cátedra. Consistirá en:

- 1) Una descripción introductoria del trabajo y de los circuitos y programas objeto del laboratorio.
- 2) La resolución de las actividades complementarias asociadas al laboratorio.
- 3) Los resultados de las experiencias.
- 4) Conclusiones elaboradas por cada alumno.

**Herramientas Utilizadas:**  
 Herramienta de programación y desarrollo del Microcontrolador bajo estudio, kit de experimentación para el armado de circuitos para la prueba, generador de funciones, osciloscopio, fuente de alimentación, multímetro digital.

Equipos y elementos de seguridad para esta tarea: Propios de las instalaciones del IITREE-FI-UNLP.

<b>ACTIVIDAD LABORATORIO-CAMPO</b>			
<b>Nombre</b> <b>Trabajo Experimental N° 2</b>	<b>Tema</b> <b>Respuesta en frecuencia de sistemas lineales,</b> <b>Teorema del Muestreo y</b> <b>Técnicas de modulación</b>	<b>Laboratorio</b> <b>IITREE</b>	<b>Días y Horarios</b> <b>A definir (al final del Segundo Módulo)</b>
<p><b>Descripción:</b>  Este trabajo de Laboratorio tiene por objeto afianzar, de forma experimental, los conceptos de respuesta en frecuencia de sistemas lineales, el teorema del Muestreo y las técnicas de modulación digital. Se analizarán en detalle las transferencias y repuestas en frecuencia de los diversos casos analizados.  Cada Alumno deberá documentar la actividad de laboratorio en un Informe personal que será corregido y calificado por la Cátedra. Consistirá en:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Una descripción introductoria del trabajo.</li> <li>2) Los resultados de la simulación con Matlab/Simulink.</li> <li>3) Los resultados de la experiencia.</li> <li>4) Conclusiones elaboradas por cada alumno.</li> </ol>			
<p><b>Herramientas Utilizadas:</b>  Generador de funciones, osciloscopio, fuente de alimentación, multímetro digital, analizador de espectros, kit de experimentación para el armado de circuitos para la prueba.</p>			
<p>Equipos y elementos de seguridad para esta tarea: Propios de las instalaciones del IITREE-FI-UNLP.</p>			