

Asignatura: **Sistemas de Medición**

Código: 10-09107

RTF

8

Semestre: 6to

Carga Horaria

96

Bloque: Tecnologías Básicas

Horas de Práctica

32

Departamento: Electrotecnia

Correlativas:

- Electrónica Aplicada
- Probabilidad y Estadística

Contenido Sintético:

1. Conceptos generales de la medición.
2. Reglamentaciones y normativas.
3. Análisis y evaluación de parámetros externos que afectan a la medición. Interferencias y apantallamientos.
4. Medición de parámetros físicos y eléctricos.
5. Instrumentos y tecnologías de medición, métodos, cuantificación de errores.
6. Instrumentación industrial.
7. Transducción de variables físicas a eléctricas.
8. Sistemas de medición. Tecnologías, usos y aplicaciones.

Competencias Genéricas:

- **CG1:** Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- **CG4:** Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.
- **CG6:** Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.

Aprobado por HCD: 847-HCD-2023

RES: Fecha: 2/11/2023

Competencias Específicas:

- CE 3.1.2 Aplicar técnicas de medición relacionadas a la metrología en determinadas mediciones
- CE 3.1.3 Utilizar instrumentos de medición, interpretando y cuantificando las mediciones, errores y limitaciones, e informando los resultados que se obtengan

## Presentación

La asignatura Sistemas de Medición, es dictada en el sexto semestre de la carrera de Ingeniería Electromecánica, con una carga horaria de 96 horas, formando parte del bloque de tecnologías básicas.

En concordancia con el perfil del futuro profesional, Sistemas de Medición tiene como objetivos relevantes generar habilidades en las técnicas de medición relacionadas a la metrología en mediciones y utilizar instrumentos de medición, interpretando y cuantificando las mediciones, errores y limitaciones, e informando los resultados que se obtengan.

Durante el desarrollo de las clases el estudiante adquirirá los conocimientos necesarios para realizar mediciones de las diferentes variables, reconocer calidades características y márgenes de utilización de los instrumentos de medición, mediante la aplicación de criterios propios desarrollados durante el cursado, empleando técnicas y sistemas adecuados.

También el estudiante participará en la preparación y ejecución de mediciones en el laboratorio, utilizando las normas de aplicación, con el instrumental apto para certificar calidad.

Al finalizar el curso el alumno debe ser capaz de medir, interpretando las mediciones, su incerteza, y su alcance, habiendo obtenido conocimientos y capacidad para informarlas.

## Contenidos

### 1.- Conceptos generales de medición y técnicas analógicas en las medidas.

**Conceptos básicos de medición:** Configuración de un sistema de medición. Sistemas de medidas. Patrones de medida. Calibración. Trazabilidad. Simbología. Sensibilidad. Rango. Precisión. Exactitud. Clase de un instrumento.

**Teoría de errores:** Errores absoluto y relativo. Clasificación de los errores. Cifras significativas, redondeo. Error de inserción.

**Teoría estadística de errores:** Teoría de Gauss. Caso teórico de un gran número de mediciones. Caso de un número reducido de mediciones. Propagación de errores en medidas indirectas.

**Incertidumbre en las mediciones:** Definición de incertidumbre. Fuentes de incertidumbre. Estimación de la incertidumbre estándar. Incertidumbre combinada y expandida. Factor de cobertura y nivel de confianza.

### 2.- Reglamentaciones y normativas.

Análisis y estudio de reglamentaciones y normativas relativas a la metrología.

### **3.- Interferencia y apantallamiento**

**Interferencia interna y externa.** Definición. Interferencias y señales a modo común y modo normal (diferencial). RRM. Relación señal ruido (interferencia).

**Tipos de interferencias externas y sus blindajes o apantallamientos.** Interferencia capacitiva. Interferencia inductiva. Interferencia electromagnética. Interferencia acoplada conductivamente. Interferencia del circuito de tierra (o de modo común). Guardas de entrada para reducir interferencia del circuito de tierra. Apantallamientos.

### **4.- Medición de parámetros físicos y eléctricos.**

**Medidas de resistencia, impedancia, potencia, energía y otras magnitudes.**

Medición de resistencias e impedancias. Medición de resistencia por métodos indirectos. Medición de resistencia interna de instrumentos. Óhmetros. Principios de medición. Puentes de medición.

**Medición de resistencia de puesta a tierra.** Componentes de la resistencia de la toma de tierra. Resistencia del terreno. Métodos de medición. Telurímetros.

**Medición de resistencia de aislamiento.** Técnicas de pruebas y medidas de aislamiento. Determinación de valores en circuitos tipo. Interpretación y análisis de la medición. Megóhmetros. Precauciones y condiciones a respetar en instalaciones para diversos tipos de mediciones de aislamiento.

**Medición de impedancias.** Métodos indirectos. Principios de medición. Puentes y otros.

Medición de potencia, energía eléctrica y otras magnitudes. Conceptos básicos en la medición de potencia. Mediciones de potencias en sistemas monofásicos. Mediciones de potencia en sistemas trifásicos equilibrados y desequilibrados. Conexión Aron. Medición de factor de potencia. Cosímetro. Medida de potencia trifásica reactiva.

**Instrumentos de medida de potencia.** Vatímetros. Analizadores de redes en la medición de potencia.

**Instrumentos de medida de energía.** Contadores de energía monofásicos y trifásicos.

### **5.- Instrumentos y tecnologías de medición, métodos, cuantificación de errores.**

**Medición de parámetros eléctricos.** Contadores digitales. Frecuencímetros. Voltímetro digital. Voltímetro de verdadero valor eficaz. Multímetro digital. Otros.

**Osciloscopios analógicos.** Atenuadores y acondicionamientos de entrada. Sistemas de despliegue. Sistema de sincronismo. Sistemas de deflexión. Técnicas de medición.

**Osciloscopios de memoria digital.** Atenuadores y acondicionamientos de entrada. Sistema de sincronismo. Almacenamiento de la información. Conversión de la información analógica en digital. Capacidades de análisis de la información. Sistemas de despliegue.

**Osciloscopios especiales.** Osciloscopio de Muestreo. Otros.

**Analizadores.** Calidad de energía. Analizadores de redes. Análisis de armónicos en sistemas de distribución. Otros.

## **6.- Instrumentación industrial.**

Introducción a la instrumentación industrial. Instrumentación Virtual. Entorno de desarrollo gráfico para la programación de sistemas de instrumentación y control.

## **7.- Transducción de variables físicas a eléctricas.**

**Transductores en los sistemas de medición.** Definiciones en un sistema de medición. Indicaciones para seleccionar y emplear los transductores.

**Transductores térmicos.** Principio de funcionamiento. Termocuplas. Transductores basados en semiconductores. Otros. Condiciones de uso y entorno. Aplicaciones.

**Transductores de presión.** Principio de funcionamiento. Presión diferencial, relativa y absoluta. Tecnologías. Condiciones de uso y entorno. Aplicaciones.

**Transductores de fuerza.** Principio de funcionamiento. Etapa de acondicionamiento. Amplificación. Ganancia de modo común y modo diferencial. RRM. Galgas extensiométricas resistivas (Strain Gauge). Usos. Estabilidad térmica.

**Transductores ópticos.** Células fotoeléctricas. Encoders incrementales y absolutos. Barreras ópticas. Reflexión. Filtros. Usos.

**Transductores utilizando otros principios de detección y medición.** Transductores de proximidad. Transductores basados en ultrasonido. Transductores basados en Efecto Hall. Otros transductores. Principio de funcionamiento y aplicaciones.

## **8.- Sistemas de medición. Tecnologías, usos y aplicaciones.**

### Metodología de enseñanza

- Teórico práctico integrado
- Resolución de problemas de aplicación
- Guía de problemas resueltos (videos explicativos y simulaciones)
- Cuestionarios de autoevaluación de temas individuales.
- Laboratorios: Análisis, diseño, construcción y validación de conocimientos mediante circuitos e instrumental.

El enfoque teórico se basa en una combinación de exposiciones teórico-prácticas dialogadas y el uso principal del pizarrón como herramienta visual. Las clases serán interactivas, fomentando la participación, profundizando los conceptos, dando ejemplos de experiencias de aplicación. Se busca el entendimiento y el análisis de los conocimientos por parte de los estudiantes.

Estos conceptos se internalizan mediante clases prácticas de resolución de problemas de acuerdo con el calendario establecido para las clases teóricas, así como los trabajos de laboratorio.

Los trabajos de laboratorio se estructuran en cinco fases. La primera fase implica el análisis teórico, donde los estudiantes estudian y comprenden los conceptos y principios detrás del experimento propuesto. En la segunda fase, realizan un diseño basado en el análisis y los requerimientos de la aplicación. Paso seguido se lleva a cabo la simulación electrónica utilizando una herramienta tecnológica adecuada, que permite a los alumnos simular el comportamiento de los circuitos

antes de construirlos físicamente. Seguidamente, se realiza el armado y la medición del prototipo en el laboratorio. Los estudiantes ponen en práctica lo aprendido y construyen el circuito, llevando a cabo mediciones y adquiriendo datos experimentales. En el informe final analiza y discute los resultados obtenidos, relacionándolos con la teoría y extrayendo conclusiones.

## Evaluación

Las metodologías y estrategias de evaluación que se emplearán, considerando los resultados de aprendizaje y los diferentes temas de las unidades desarrolladas en clases y laboratorio, son:

Las evaluaciones de Sistemas de Medición comprenden exámenes escritos con problemáticas relativas a los conocimientos relativos al contenido de la materia. Se evaluará la internalización y asimilación de los conocimientos por parte de los estudiantes. Los conocimientos y capacidades teóricas se evaluarán también con situaciones problemáticas de aplicación.

Los laboratorios tendrán una evaluación por tema en forma personalizada, creando un aprendizaje incremental y realimentado entre Docente y estudiantes. Empleando el instrumento rúbrica.

## Condiciones de aprobación

1. Correlativas Aprobadas.
2. Asistencia:
  - a. Asistir al 65% de clases Teórico- Prácticas
  - b. Asistir al 80% clases de Resolución de Problemas
  - c. Asistir al 80% de las Clases Prácticas de Laboratorio Presenciales
3. Aprobar con el 70% de los conocimientos el 100% de los Laboratorios.
4. Aprobar los 2 (dos) exámenes escritos de la Cátedra con un promedio del 70% de los conocimientos, con posibilidad de recuperar uno de ellos.
5. Aprobar un coloquio integrador oral.

### **Condiciones para adquirir la Regularidad.**

De acuerdo al Régimen de Alumnos y programación interna de la cátedra.

1. Asistencia:
  - a. Asistir al 65% de clases Teórico- Prácticas
  - b. Asistir al 80% clases de Resolución de Problemas
  - c. Asistir al 80% de las Clases Prácticas de Laboratorio Presenciales
2. Aprobar con el 70% de los conocimientos el 100% de los Laboratorios
3. Aprobar los 2 (dos) exámenes escritos de la Cátedra con un promedio del 50% de los conocimientos, con posibilidad de recuperar uno de ellos.

### **Examen Final para Alumno Regular.**

1. Correlativas aprobadas.
2. Condición Regular
3. Examen Teórico-Práctico Escrito y Oral, que debe aprobarse con un mínimo de 60/100 puntos, tanto la parte teórica como la práctica.

### **Examen Final para Alumno Libre.**

1. Correlativas aprobadas.
2. Examen de Laboratorio que permita conocer los conocimientos prácticos del estudiante, manejo de simulaciones y validación de circuitos
3. Examen Teórico-Práctico Escrito. Debe aprobarse con un mínimo de 60/100 puntos, tanto la parte teórica como la práctica.
4. Examen oral a criterio de la Cátedra.

## Actividades prácticas y de laboratorio

### **Conceptos generales de medición y técnicas analógicas en las medidas.**

Resolución de problemas de aplicación.

Prácticas de Laboratorio:

Determinación de la resistencia interna de amperímetros y voltímetros de bobina móvil. Ampliación de sus escalas. Distintos métodos.

Medición de valores medios, eficaces y de cresta de ondas provenientes de rectificadores utilizando instrumentos de corriente continua, de corriente alterna y osciloscopio.

### **Instrumentos electrónicos de medición.**

Resolución de problemas de aplicación.

Prácticas de Laboratorio.

Multímetro. Usos y aplicaciones más frecuentes. Análisis de límites y condiciones de entorno.

Frecuencímetro. Usos y aplicaciones más frecuentes. Análisis de límites y condiciones de entorno.

Osciloscopio analógico. Usos y aplicaciones frecuentes. Ancho de banda. Puntas atenuadoras de entrada. Compensación

Osciloscopio con memoria digital. Usos y aplicaciones frecuentes. Memoria y resolución de conversión. Tiempo de muestreo. Aliasing.

Analizadores de redes. Análisis de la calidad de energía en una línea de distribución. Análisis armónico espectral.

Instrumentación virtual. Nociones de programación. Implementación de un sistema de medición mediante instrumentación virtual.

### **Medidas de resistencia, impedancia, potencia, energía y otras magnitudes.**

Resolución de Problemas.

Prácticas de Laboratorio:

Determinación de valores de resistencia de aislación utilizando megóhmetro. Análisis de la medición y de los resultados.

Determinación de valores de resistencia de puesta a tierra utilizando telurímetro. Análisis de la medición y de los resultados.

Medición de potencia reactiva utilizando un vatímetro electrodinámico y una red desfasadora constituida por resistores y capacitores.

Medición de potencia activa y reactiva en sistemas trifásicos equilibrados. Conexión Aron de vatímetros electrodinámicos.

Determinación de secuencia de fases con Indicador de secuencia de fases (secuencímetro).

Determinación del factor de potencia trifásica.

Medición de potencia en sistemas desequilibrados. Tensión de desplazamiento de neutro. Corrientes de neutro.

### **Transductores eléctricos**

Resolución de Problemas.

Prácticas de Laboratorio:

Transductores de temperatura. Medición de temperatura con Termocuplas, RTD y su comparación con otros transductores térmicos. Análisis de límites de uso y errores.

Transductores de fuerza. Diseño de un sistema para pesar con celdas de carga como aplicación de las galgas extensiométricas. Calibración con pesas. Análisis de errores. Limitaciones.

Transductores ópticos. Medición angular con Encoder incremental. Determinación de sentido de giro. Resolución.

Transductores de presión. Medición de presiones relativas y diferenciales.

Aplicaciones con otros transductores.

### **Interferencia y apantallamiento**

Resolución de Problemas.

Prácticas de Laboratorio: experiencias prácticas con reconocimiento de interferencias y blindajes.

Construcción de un sistema de medición sometido a interferencia capacitiva o de acoplamiento por campo eléctrico. Análisis y cuantificación. Apantallamiento.

Construcción de un sistema de medición sometido a interferencias inductivas. Análisis. Apantallamiento.

Construcción de un sistema de medición sometido a interferencias por circuito de tierra o modo común. Análisis y cuantificación. Apantallamiento. Hilo de guarda.

## Competencias y resultados de aprendizaje

### **Competencias Genéricas:**

- **CG1:** Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
  - RA1.-** Aplica criterios profesionales para la evaluación de los resultados de la mediciones realizadas en un contexto particular
  - RA2.-** Utiliza el método de medición adecuado según las variables a verificar, según los dispositivos tecnológicos disponibles
  - RA3.-** Identifica los datos, variables y parámetros del problema presentado para obtener los resultados esperados

- **CG4:** Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.
  - RA4.-** Selecciona las técnicas y herramientas a aplicar en las distintas mediciones de las variables a medir, de manera efectiva
  - RA5.-** Conoce los alcances y limitaciones de las técnicas y herramientas a utilizar en las mediciones de las distintas variables
  - RA6.-** Interpreta los resultados que se obtengan de la aplicación de las diferentes técnicas y herramientas utilizadas en las mediciones
- **CG6:** Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
  - RA7.-** Analiza resultados de las experiencias de laboratorio, para llegar a un dictamen en un informe, en conjunto con el equipo de trabajo conformado.
  - RA8.-** Expresa con claridad las ideas cuando se realizan exposiciones al cuerpo docente, entendiendo las diferencias y proponiendo alternativas de resolución a las recomendaciones solicitadas y negociar para alcanzar consensos.
  - RA9** Comprende la dinámica de los debates que surjan de la exposición de los resultados de las mediciones realizadas en los grupos de trabajo, efectuando intervenciones que integren distintas opiniones, perspectivas y puntos de vista.

### Competencias Específicas:

- **CE 3.1.2** Aplicar técnicas de medición relacionadas a la metrología en determinadas mediciones
  - RA1.-** Utiliza las técnicas de medición relacionadas a la metrología en determinadas mediciones de las distintas variables en forma efectiva.
  - RA2.-** Realiza mediciones de las variables, considerando los alcances y limitaciones de las técnicas a utilizar.
  - RA3.-** Utiliza diferentes tipos de transductores de acuerdo a las variables a medir, considerando sus limitaciones.
- **CE 3.1.3** Utiliza instrumentos de medición, interpretando y cuantificando las mediciones, errores y limitaciones, e informando los resultados que se obtengan.
  - RA4.-** Realiza mediciones de las variables, considerando incertidumbre o incerteza, en el análisis de los resultados obtenidos.
  - RA5.-** Realiza el armado de un sistema de medición sometido a interferencias por circuito de tierra o modo común, para realizar mediciones de las variables.
  - RA6.-** Protege la medición de las variables ante interferencias y ruidos, mediante el empleo de diferentes blindajes



## Bibliografía

- Medidas eléctricas. Ediciones C.E.A.C.
- Guía para Mediciones Electrónicas. Stanley Wolf- Richard Smith Editorial Prentice Hall.
- Fundamentos de la metrología eléctrica. – Tomos 1, 2 y 3. Andrés M. Karcz. Ed. Marcombo – Boixareu Editores.
- Instrumentación Eléctrica y Sistemas de Medida. B.A. Gregory. Editorial G. Gilli.
- Instrumentos de Medida Eléctrica. Charles Gilmore. Editorial Reverte.
- Instrumentación electrónica básica. Ramón Pallás Areny. Marcombo
- Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición -Cooper HelFrick
- Guías de estudio preparadas por la Cátedra de Sistemas de Medición.