

**Planificación de la Asignatura:** Instrumental Biomédico para Diagnóstico y Monitoreo

**Fecha:** 23/10/2024 13:02

**Código:** B0842

**Carrera:** Bioingeniería

**Departamento Académico:** Bioingeniería

**Docente a cargo:**

**Correo del docente a cargo:** carla.mantaras@uner.edu.ar

**Régimen de Dictado:** Cuatrimestral doble oferta

**Carga Horaria Semanal:** 7 horas semanales

**Carga Horaria Total:** 98 horas

---

**Contenidos Mínimos:**

Transductores. Circuitos acondicionadores de señal. Adquisición y procesamiento analógico de señales.

Sistemas de monitoreo. Medición de parámetros fisiológicos en medicina: presión, concentración de gases y electrolitos, otros. Instrumentos: diseño, seguridad eléctrica, corrección de fallas. Biosensores.

Instrumentación para electrofisiología clínica: electrodos, ECG, EEG, PE, EOG, ERG, EGG, PED, otros.

---

**Correlativas Regulares para cursar:**

Electrónica Programable

Electrónica No Lineal

Sistemas de Adquisición y Procesamiento de Señales

**Correlativas Aprobadas para cursar:**

Fisiología y Biofísica

**Correlativas Aprobadas para promocionar o rendir el examen final:**

Segundo año completo

Fisiología y Biofísica

Electrónica Lineal

---

**Objetivo General:**

Desarrollar la capacidad de proyectar, diseñar, calcular, construir y calibrar instrumentos para medir parámetros físicos, químicos y biológicos aplicables a los seres vivos y al ambiente, que cumplan con las normativas vigentes.

**Objetivos Particulares:**

- 1) Trabajar en grupo en la resolución de los problemas planteados.
- 2) Definir requerimientos de diseño mediante el análisis del problema de medición, considerando la normativa y recomendaciones asociadas.
- 3) Desarrollar aptitudes para emprender procesos de diseño que incluyan:
  - Comprender los principios de funcionamiento de diversos sensores, comparar sus características, y acondicionarlos adecuadamente para su montaje físico y eléctrico.
  - Desarrollar adecuados criterios de selección de componentes.
  - Comprender el funcionamiento de diversos circuitos acondicionadores de señal (analógicos y digitales) de uso habitual en instrumentos de medida.
  - Determinar la información relevante que debe presentar el instrumento y su modo de presentación.
  - Implementar los circuitos y detectar fallas hasta verificar el adecuado funcionamiento del instrumento.
  - Diseñar y realizar procedimientos para ajustar la salida del instrumento a los requisitos de diseño y caracterizarlo mediante un procedimiento de calibración adecuado.
  - Fundamentar racionalmente las decisiones de diseño.
- 4) Presentar apropiadamente información y llevar registro de todo el proceso de diseño tanto de forma oral como escrita.
- 5) Defender los trabajos realizados con argumentación sólida y capacidad para considerar las críticas recibidas.

**Programa Analítico:**

Programa analítico 2024

**EJE TEMÁTICO 1: DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

Parte A. El instrumental biomédico para diagnóstico y monitoreo como producto médico.

¿Qué es un producto médico?. Definición de producto médico desde el punto de vista regulatorio. Ciclo de vida del producto médico. Reseña sobre regulaciones y normativas en la etapa de diseño de instrumental biomédico para diagnóstico y monitoreo. Uso previsto y clasificación. Seguridad. Definición de requerimientos normados y no normados. Diseño de instrumental biomédico para diagnóstico y monitoreo pensado como producto médico.

Parte B. Introducción a los Sistemas de Medida

Introducción a la metrología. Características estáticas y dinámicas de los sistemas de medida. Estimación de la incertidumbre. Clasificación de sensores. Principios de funcionamiento: sensores resistivos, capacitivos, generadores de tensión y de corriente, sensores digitales, etc. Sensores para la medición de diversas variables físicas y químicas: temperatura, deformación, presión, pH, concentración de gases, etc. Montaje físico y acondicionamiento primario de los sensores.

Parte C. Diseño de Sistemas de Medida

Análisis del escenario de medición. Uso previsto del sistema de medida. Normativa asociada. Definición de requerimientos. Selección de sensores. Construcción del diagrama de bloques del instrumento de medida. Acondicionamiento analógico/digital de la señal. Determinación de la salida deseada, características requeridas en el sistema de adquisición. Ajuste del sistema diseñado. Simulación del circuito diseñado. Calibración y/o caracterización del instrumento de medición. Presentación de información al usuario. Medición de temperatura. Medición de deformaciones. Medición de presión. Nuevos enfoques en el diseño de instrumentos de medida.

**EJE TEMÁTICO 2: REGISTRO DE SEÑALES BIOLÓGICAS**

Parte A. Instrumentación para el registro de señales biológicas

El cuerpo humano como fuente de señal. Características fundamentales de la señal (ancho de banda, amplitudes, impedancias, etc.). Biopotenciales: Electrodos para Biopotenciales. Instrumentación para el

registro de biopotenciales. Reducción de interferencias.

Parte B. Equipamiento de diagnóstico y monitoreo basados en señales biológicas

Determinación de la presión arterial por el método oscilométrico. Registro de la onda de pulso mediante fotoplethysmografía. Equipamiento para biopotenciales: El electrocardiógrafo como equipo estándar: criterios de diseño, diagrama en bloques, normativa de operación y seguridad, pruebas de funcionamiento.

Variaciones en el diseño para electrocardiografía de monitoreo, electroencefalografía, potenciales evocados, electromiografía y otros estudios bioeléctricos (electroretinograma, electrooculograma, potencial electrodérmico, etc.). Monitores multiparamétricos. Nuevos enfoques en el registro de parámetros fisiológicos.

#### **Listado de Actividades de Formación Práctica:**

Trabajo Práctico de Laboratorio 1 (4 semanas): Medición de temperatura.

Semana 1: Análisis de la normativa aplicable y determinación de requisitos del sistema. Análisis del escenario de medición. Análisis de hojas de datos de los sensores. Diseño del diagrama en bloques del sistema. Gráficas de entrada-salida de cada bloque..

Semana 2: Diseño del circuito de cada bloque y simulación. Implementación en protoboard.

Semana 3: Pruebas de funcionamiento. Ajuste preliminar del sistema.

Semana 4: Ajuste del sistema. Adquisición de curvas de calibración. Análisis del comportamiento del sistema implementado (caracterización y pruebas de banco).

Trabajo Práctico de Laboratorio 2 (3 semanas): Medición de la presión arterial por el método oscilométrico

Semana 1: Análisis del escenario de medición del método oscilométrico para PA, determinación de requisitos del sistema. Determinación de requisitos del sistema. Análisis de hojas de datos de los sensores de presión PA . Diseño del diagrama en bloques del sistema – Gráficas de entrada-salida de cada bloque. Circuito de cada bloque y simulación.

Semana 2: Implementación en protoboard. Caracterización de los filtros implementados. Pruebas de circuitos.

Semana 3: Ajuste del sistema. Adquisición de las señales de PA.

Trabajo Práctico de Laboratorio 3 (4 semanas): Registro del electrocardiograma.

Semana 1: Análisis del escenario de medición y determinación de requisitos del sistema. Diseño del diagrama en bloques del sistema. Gráficas de entrada-salida de cada bloque. Circuito de cada bloque y

simulación.

Semana 2: Implementación en protoboard. Pruebas y caracterización de filtros. Caracterización del INA.

Semana 3: Implementación en protoboard. Implementación de la etapa de aislación de señal.

Semana 4: Prueba del circuito con circuito simulador de biopotenciales. Pruebas finales. Ajustes de ganancia. Registro del electrocardiograma.

Trabajo Práctico de Laboratorio 4 (2 clases): Registro de la onda de pulso mediante fotopletismografía.

a) Semana 1: Análisis del escenario de medición, estudio del problema. Determinación de requisitos del sistema. Análisis de hojas de datos del emisor y el receptor OP. Diseño del diagrama en bloques del sistema – Gráficas de entrada-salida de cada bloque. Circuito de cada bloque y simulación.

b) Semana 2: Implementación en protoboard. Pruebas del circuito. Ajuste y calibración del sistema. Adquisición de las señales de OP. Evaluación oral.

PRODIS: temas varios



**Metodología de Evaluación Durante el cursado:**

El seguimiento del aprendizaje de los alumnos se realiza de manera continua a lo largo del desarrollo de la asignatura, y en instancias específicas de evaluación.

En todos los Encuentros, se valora el grado en que los y las estudiantes avanzan en su aprendizaje, y contribuyen al mejoramiento del proceso de aprendizaje del grupo. El equipo docente proporciona orientación frente a los requerimientos específicos de alumnas y alumnos.

Las instancias de evaluación localizadas en el tiempo son: las evaluaciones grupales al completarse cada Trabajo Práctico de Laboratorio (TPL), UNA Evaluación Parcial (60 % individual y 40 % grupal) y la evaluación grupal de Proyectos de Diseño (PRODIS). Estas instancias se pueden regularizar o promocionar de acuerdo con lo establecido en la sección "Condiciones de Regularidad y Promoción". Los alumnos pueden promocionar la asignatura cumpliendo las condiciones mencionadas. Los alumnos regulares rendirán un examen final de carácter individual que consiste en la evaluación de la o las instancias (PRODIS, TPL, Parcial) en las cuales no se alcanzó la condición de promoción durante el cursado.. Los alumnos libres deben presentar uno de los TPL, que deberán coordinar con los docentes de la cátedra, y realizar el PRODIS.

La evaluación de cada TPL se realiza en forma continua en cada clase y mediante un informe escrito (bitácora de trabajo) para lo cual se utilizan rúbricas. Entre otros elementos se consideran las estrategias de solución elegidas y la verificación de funcionamiento del instrumento construido, o las hipótesis causales que expliquen los fallos. Al finalizar el TPL se realiza una evaluación grupal y oral en relación a los indicadores de la rúbrica correspondiente. Esta instancia permite evaluar en forma grupal el grado de comprensión de los contenidos tratados en los encuentros, la interpretación de datos técnicos de sensores y otros componentes electrónicos, el manejo de estrategias de diseño y procedimientos de verificación de funcionamiento, y en general la sinergia del grupo para el abordaje colectivo del problema y su solución. En esta actividad, la complejidad de los problemas de metrología a resolver, avanza desde sencillo a moderadamente complejo. Frente a la imposibilidad de cumplir los objetivos, se permite al grupo la recuperación de uno de los TPL.

La Evaluación Parcial es integradora, de carácter conceptual-práctico, sobre los temas desarrollados principalmente en los primeros ejes temáticos. Esta evaluación es de resolución grupal y presentación/defensa individual, se realiza a libro abierto (notas de clase, material digital, internet) y consiste en la resolución de un problema de ingeniería, de la misma dificultad que los trabajados en los distintos Encuentros. El parcial se puede recuperar una vez.

El parcial se entregará a los estudiantes, vía campus virtual, un problema cuya modalidad de resolución será en grupo. Cada grupo deberá entregar la resolución del problema vía campus virtual. Posteriormente se

realizará la evaluación individual (cuya modalidad dependerá de la cantidad de alumnos), en la cual se realizarán preguntas sobre la pertinencia de la solución grupal planteada. El parcial se entrega un día lunes en el horario de clases, en la cual se responderán las dudas sobre el enunciado. Para la resolución del problema los estudiantes pueden disponer de toda la información que requieran, además de la proporcionada en la consigna del parcial, notas de clase, problemas resueltos, libros, páginas web, etc. La conformación del grupo para la resolución del problema será la misma que la de los grupos de trabajo del TPL. La entrega del informe con la resolución del parcial se realizará por campus virtual hasta el día miércoles a las 12 hs. Se entregará un informe con el parcial resuelto por cada grupo de estudiantes. El día lunes de la semana siguiente se realizará dentro del horario del Encuentro 1 la instancia de defensa INDIVIDUAL del parcial. Deberán estar presentes todos los integrantes del grupo. La calificación del parcial tendrá un componente grupal (40%) y uno individual (60%).

La evaluación de PRODIS se realiza mediante una monografía de elaboración grupal y su defensa oral. Ambas son instancias de evaluación grupal, aunque pueden resultar en calificaciones diferentes para cada integrante del grupo. La evaluación del PRODIS apunta a establecer en qué medida el alumno es capaz de aplicar conocimientos conceptuales y metodológicos para resolver un problema de medición. Se puede recuperar el PRODIS.

Tanto los TPLs como el Proyecto de Diseño (PRODIS) que es la evaluación final de la materia, están diseñados como instancias de evaluación formativas, donde los docentes acompañan a los estudiantes en el desarrollo de las actividades de diseño y resolución de problemas planteados, con instancias específicas de seguimiento y evaluación, según se detalla en el cronograma.

### **Metodología de Evaluación en Exámenes Finales:**

#### **Alumno Promocional**

El alumno promocional no rinde examen final.

#### **Alumno regular**

Para aprobar la asignatura, el alumno en condición de regular rendirá un examen final de carácter individual que consiste en la evaluación de la o las instancias (PRODIS, TPL, Parcial) en las cuales no se alcanzó la condición de promoción durante el cursado.

#### **Alumno Libre**

El alumno en condición libre deberá desarrollar un TPL a propuesta de la cátedra, y luego de aprobarlo rendirá un examen final de carácter individual que consiste en la aprobación de un Proyecto de Diseño, el cual requiere un informe monográfico escrito y una defensa oral del mismo.

Se examinará la capacidad completa adquirida por el alumno para el abordaje de diseño, construcción y puesta en operación de un sistema de medición y deberá demostrar que ha incorporado los modelos matemáticos más utilizados, que conoce valores típicos esperables en las variables que serán objeto de medición, y los parámetros típicos que expresan las propiedades de transductores y otros componentes utilizados en el diseño, en relación con los sistemas de medición correspondientes a los contenidos de la asignatura.

**Condiciones de Regularidad :**

## Condiciones de Regularidad y Promoción

Para alcanzar la condición de alumno regular, los alumnos deberán:

1. Regularizar 3 de los 4 TPL. Regularizar un TPL implica completar el diseño implementado en protoboard que funcione parcialmente y la simulación del mismo también de manera parcial. Se puede recuperar sólo un TPL.
2. Aprobar la evaluación parcial con al menos el 40 %. El parcial tiene una instancia de recuperación.
3. Aprobar el Proyecto de Diseño (ProDis) con una nota mínima de 40 %. El ProDis tiene una instancia de recuperación.

Para alcanzar la condición de alumno promocional, los alumnos deberán cumplir todas las condiciones de alumno regular, con los requisitos adicionales que siguen:

1. Promocionar 3 de los 4 TPL. Promocionar un TPL implica contar con un diseño implementado en protoboard que funcione adecuadamente y la simulación del circuito de forma tal que represente el funcionamiento del circuito propuesto. Se puede recuperar un TPL.
  2. Aprobar la evaluación parcial con al menos el 60 %. El parcial tiene una instancia de recuperación.
  3. Obtener un mínimo de 60 % en la defensa oral del ProDIS. El ProDis tiene una instancia de recuperación.
- Las instancias de recuperación de las evaluaciones son las mismas que para el alumno regular. La calificación final del alumno promocional incluirá una valoración de su desempeño global durante el cursado.

**Bibliografía Principal:**

## Eje Temático 1:

Vocabulario Internacional de Metrología-Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM).  
ED BIPM (Bureau International des Poids et Mesures). 3ra ed. - 2012. Disponible en español en Vocabulario  
Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados  
Evaluación de datos de medición. Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida. (GUM) EDICIÓN  
DIGITAL 1 en español (traducción 1ª Ed. Sept. 2008) Primera edición Septiembre 2008 (original en inglés)  
Centro Español de Metrología. JCGM 2008 NIPO EDICIÓN DIGITAL 1: 706-10- 001- 0 . Disponible en  
español en Evaluación de datos de medición Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida  
Handbook of modern sensors : physics, designs, and applications. Fraden, Jacob . Ed Cham New York  
Springer International 5th. ed.- 2016  
Sensores y acondicionadores de señal. Pallás Areny, Ramón .Ed Marcombo/Alfaomega 4ta. ed. - 2007  
IEC 60601-1:2012 (3ra Edición) Equipos electromédicos Parte 1: Requisitos generales para la seguridad  
básica y funcionamiento esencial  
ISO 80601-2-56:2017 Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical  
thermometers for body temperature measurement  
ISO 80601-2-30:2018 Particular requirements for the basic safety and essential performance of automated  
non-invasive sphygmomanometers  
OIML R 16-2:2002 Non-invasive automated sphygmomanometers  
Especificaciones técnicas de la OMS para dispositivos automáticos de medición de la presión arterial no  
invasivos y con brazalete. Organización Panamericana de Salud. ed- 2020  
Programa de Desempeño de Productos; Tensiómetros Digitales (Esfigmomanómetros). INTI ed-2013

## Eje Temático 2:

The Biomedical Engineering Handbook (3 volúmenes). Bronzino, Joseph D [ed.]. Peterson, Donald R [ed.].  
Ed Boca Raton, FL CRC Press 4th. ed - 2015  
Electrofisiología Humana: Un enfoque para ingenieros. P. Castellanos Ábrego y col, Ed. Universidad  
Autónoma Metropolitana. México, 1ra Edición, 1997.  
IEC 60601-1:2012 (3ra Edición) Equipos electromédicos Parte 1: Requisitos generales para la seguridad  
básica y funcionamiento esencial  
UNE EN 62353:2009 Equipos electromédicos. Ensayos recurrentes y ensayos después de reparación del

equipo electromédico.

IEC 60601-2-49:2011 Particular requirements for the basic safety and essential performance of multifunction patient monitoring equipment

ISO 80601-2-61:2017 Particular requirements for basic safety and essential performance of pulse oximeter equipment

Manuel Cuadra Sanz, "Sistema para el registro simultáneo de la onda de pulso y el electrocardiograma orientado al estudio de la regulación autonómica". Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas, 2008.

### **Bibliografía Complementaria:**

#### Eje Temático 1:

Measurement, instrumentation, and sensors handbook : spatial, mechanical, thermal, and radiation measurement. Webster, John G [ed.], Eren, Halit [ed.]. Boca Raton, FL CRC Press c2014

The biomedical engineering handbook - Bronzino, Joseph D [ed.] | Peterson, Donald R [ed.] - Ed. Boca Raton, FL CRC Press - 4th. ed - c2015

Sensors : an introductory course. Kalantar-zadeh, Kourosh. Ed New York Springer c2013

Medical instrumentation: application and design. Webster, John J.y otros. ED John Wiley 4th. Ed -2010

Principles of applied biomedical instrumentation. Geddes & Baker, Ed John Wiley, 3ra Edición, 1989

#### Eje temático 2:

The biomedical engineering handbook - Bronzino, Joseph D [ed.] | Peterson, Donald R [ed.] - Ed. Boca Raton, FL CRC Press - 4th. ed - c2015

Medical instrumentation: application and design. Webster, John J.y otros. ED John Wiley 4th. Ed -2010

Principles of applied biomedical instrumentation. Geddes & Baker, Ed John Wiley, 3ra Edición, 1989

Kligfield et al. "Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram". Circulation, 2007

Mohamed Elgendi. "On the Analysis of Fingertip Photoplethysmogram Signals". Current Cardiology Reviews, 2012, Vol. 8, No. 1

K. Ashoka Reddy et al. "Virtual Instrument for the Measurement of Haemo-dynamic Parameters Using Photoplethysmograph". IMTC, 2006