

**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.

**Competencias Genéricas:****TECNOLÓGICAS**

- CT 1 Identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería. Nivel de dominio 3
- CT 2 Concepción, diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería. Nivel de dominio 3
- CT 3 Gestión, planificación, ejecución y control de proyectos de ingeniería. Nivel de dominio 1
- CT 4 Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería. Nivel de dominio 2
- CT 5 Contribución a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas. Nivel de dominio 2

**SOCIALES, POLÍTICAS Y ACTITUDINALES**

- CS 1 Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo. Nivel de dominio 2
- CS 2 Fundamentos para una comunicación efectiva. Nivel de dominio 2
- CS 3 Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable. Nivel de dominio 2
- CS 4 Fundamentos para evaluar y actuar en relación con el impacto social de su actividad profesional en el contexto global y local. Nivel de dominio 1
- CS 5 Fundamentos para el aprendizaje continuo y autónomo. Nivel de dominio 3
- CS 6 Fundamentos para el desarrollo de una actitud profesional emprendedora. Nivel de dominio 1

**Competencias Específicas:**

- CE 1.1 Diseñar, calcular y proyectar instalaciones, equipamientos e instrumental de tecnología biomédica, procesamiento de señales biomédicas y sistemas derivados de biomateriales utilizados en el área de la salud. Nivel de dominio 3 - equipamiento e instrumental de tecnología biomédica
- CE 2.1 Proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de lo anteriormente mencionado. Nivel de dominio 2 - equipamiento e instrumental de tecnología biomédica
- CE 3.1 Establecer, dirigir y controlar las actividades técnicas de producción, conservación y distribución de productos médicos. Nivel de dominio 1 - equipamiento e instrumental de tecnología biomédica
- CE 5.1 Certificar el funcionamiento y/o condición de uso o estado de lo mencionado anteriormente. Nivel de dominio 2 - equipamiento e instrumental de tecnología biomédica

**Argumentación de aportes marcados en la matriz de competencias:**

En la IBDyM mediante las actividades de TPL y PRODIS diseñadas bajo las ideas de ABP-problemas y ABP-proyectos, de acuerdo a lo descrito en metodología didáctica, los estudiantes resuelven problemas de ingeniería en el ámbito de la instrumentación biomédica, y se contribuye a las competencias genéricas CT1

a CT5, de acuerdo a los niveles de dominio expresados arriba. Así mismo, estas actividades y el parcial, se realizan en grupos de trabajo, cuyo desempeño es evaluado en las instancias correspondientes, y se realizan devoluciones en relación con el desempeño del trabajo en grupo. Las evaluaciones incluyen entregas escritas y orales, donde se incentiva el uso adecuado del lenguaje técnico correspondiente. Además en todas las actividades las consignas generales, planteadas como problema abierto o semiabierto, contribuyen al aprendizaje continuo y autónomo de las y los estudiantes. De esta manera contribuimos a las competencias genéricas CS 1 a CS 5, de acuerdo a los niveles de dominio expresados anteriormente. Los TPLs tienen consignas semiabiertas con mínimos requerimientos, se realizan y evalúan en grupo, se realizan en varias semanas y los estudiantes deben manejar su tiempo para completar el trabajo. Los estudiantes analizan las normativas aplicables al producto médico que deben realizar, establecen los requerimientos, realizan el diseño para resolver el problema planteado, eligen los componentes con los que implementan el instrumento diseñado, lo implementan, buscan fallas hasta hacerlo funcionar, reflexionan sobre el diseño y la implementación. Una vez que el circuito, a nivel de protoboard, funciona, realizan los ajustes necesarios para cumplir con los requerimientos establecidos. Una vez ajustado, en algunos TPLs se realizan mediciones para la calibración del instrumento, en otros TPLs, en el PRODIS y en el Parcial, se discute cuáles serían los procedimientos para realizar la calibración del instrumento diseñado, incluyendo los instrumentos de referencia que deben utilizar.

Con la aprobación de IBDyM, las y los estudiantes completan parcialmente los contenidos y capacidades para llevar adelante las actividades profesionales reservadas al título de Bioingeniera/o - RES ME 1254/18 ANEXO XIX, contribuyendo parcialmente al desarrollo de las competencias específicas CE 1.1, CE 2.1, CE 3.1 y CE 5.1, de acuerdo a los niveles de dominio informados anteriormente.

---

**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

**Inserción de la Asignatura en el plan de Estudios:**

Instrumental Biomédico para Diagnóstico y Monitoreo (IBDyM) es una asignatura obligatoria del Plan de Estudios 2008 (RES CS N° 309/07) para la carrera Bioingeniería, programada para el 2º Cuatrimestre del 5º año de la carrera y con una carga horaria de 98 horas/cuatrimestre. Se ubica en el Ciclo Profesional del plan de estudios y sus contenidos corresponden a los bloques de conocimiento “Tecnologías Básicas” y “Tecnologías Aplicadas” establecidos para los contenidos curriculares básicos de las carreras de Bioingeniería/Ingeniería Biomédica (RES. ME 1555/21).

Aunque el cursado de la asignatura está previsto para el 2º cuatrimestre, la misma se ofrece en ambos cuatrimestres del año académico, de acuerdo con las reglamentaciones académicas vigentes.

A través de la aprobación de IBDyM, el alumno completa parcialmente los contenidos y capacidades para desarrollar las actividades profesionales reservadas al título de Bioingeniera/o, contribuyendo con los conocimientos y competencias que se desarrollan a las actividades 1, 2, 3 y 5 de acuerdo a las Actividades profesionales reservadas al título de ingeniero biomédico y bioingeniero - RES ME 1254/18 ANEXO XIX, y según los niveles de dominio informados en el apartado anterior de esta planificación de IBDyM. Los contenidos proporcionan la base de conocimientos necesaria para resolver problemas de ingeniería en medición de variables fisiológicas y ambientales, orientado al diseño de instrumental biomédico para diagnóstico y monitoreo, abarcando desde el análisis del escenario de medición hasta la calibración de los instrumentos, teniendo en cuenta las normativas legales y regulaciones vigentes.

En esta asignatura se introducen los principios generales que se aplican al diseño de instrumentos de medición en la disciplina ingeniería biomédica, considerando variables de interés del mundo (mensurandos), los sensores o transductores involucrados, el análisis del escenario de medición, las entradas de diseño, o requerimientos establecidos, considerando la normativa aplicable en los casos que corresponda, los requisitos de seguridad eléctrica y requerimientos de eficacia del equipo. Entre los principios generales, están las bases de la metrología y el tratamiento de la incertidumbre, como temas transversales que se aplican al diseño, desarrollo e implementación de cualquier instrumento de medición.

A través de las actividades planificadas los y las estudiantes desarrollan competencias de diseño y construcción de instrumentación biomédica: el planteo del problema en términos cuantitativos, la selección de componentes críticos mediante el análisis de “datasheets”, la construcción de prototipos funcionales en el nivel de placa de experimentación “protoboard”, y la realización de pruebas de banco, de procedimientos de calibración y estimación de la incertidumbre.

Para que las y los estudiantes hagan una adecuada apropiación de los conceptos abordados en IBDyM es necesario que ya sean competentes en la aplicación de las leyes de la Física, tanto para la comprensión de los principios de funcionamiento de los sensores o transductores, como para diseñar con criterios adecuados

los instrumentos en relación con el escenario de medición. También es fundamental que sean previamente competentes en el diseño de circuitos electrónicos basados en amplificadores operacionales, conocimientos de electrónica digital y metodologías básicas de procesamiento analógico y digital de señales. Asimismo, es necesario que comprendan cabalmente al organismo humano en tanto que fuente de señales e información. Estos requisitos se satisfacen (al menos formalmente) por la articulación vertical que surge del régimen de correlatividades previsto para IBDyM en el Plan de Estudios.

La metodología utilizada para el desarrollo de los contenidos de IBDyM permite a las y los estudiantes generalizar las estrategias de diseño y la capacidad de comprensión de los principios de funcionamiento y operación de otros equipos y sistemas específicos, que se estudian en asignaturas como Equipamiento para Terapia y Rehabilitación, Instrumental de Laboratorio Clínico asignaturas de las cuales IBDyM es correlativa.

**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.

**Metodología Didáctica:**

## Metodología didáctica 2024

La planificación de actividades de IBDyM propone una metodología didáctica y de evaluación con actividades diseñadas centradas en el estudiante y que integran los objetivos de la asignatura, los contenidos mínimos establecidos en el plan de estudios, las actividades profesionales reservadas RES ME 1254/18 Anexo XIX, los estándares de acreditación de acuerdo a la RES ME 1603/04 y sus modificatoria RES ME 1555/2021 y las competencias genéricas y específicas definidas por el CONFEDI - Consejo Federal de Decanos de Ingeniería «Propuesta de estándares de segunda generación - Libro Rojo» 2018.

Para cumplir con el propósito de la asignatura se planifican una serie de actividades, que incluyen metodologías activas de enseñanza para el desarrollo de las capacidades técnicas de los alumnos. Las actividades centradas en el estudiante hacen que el alumno sea un actor activo en su propio proceso de aprendizaje, favoreciendo el desarrollo de las competencias de egreso en el contexto de esta asignatura en el área disciplinar de la bioingeniería para garantizar el cumplimiento de las actividades reservadas al título de Bioingeniera/o e Ingeniera/o Biomédica/o.

Se plantean actividades de resolución de problemas de ingeniería, de diseño e implementación a nivel de protoboard de instrumentos de medición y registro de señales, y se desarrolla un proyecto de diseño (PRODIS) usando la estrategia de aprendizaje basado en problemas/proyectos (ABP). Estas actividades contribuyen a todas las competencias genéricas tanto tecnológicas como sociales, políticas y actitudinales, de acuerdo con los niveles de dominio informados en la matriz de competencias.

Para la realización de las actividades se plantean dos encuentros semanales durante las 15 semanas de cursado (14 efectivas), a saber: Encuentro 1 (3hs), en este encuentro se realiza una introducción al tema objetivo de la clase, se resuelven problemas y se relacionan los conceptos con la próxima actividad de Trabajo Práctico de Laboratorio (TPL), en estos encuentros también se trabaja con avances del PRODIS; Encuentro 2L (4 hs), los alumnos realizan un trabajo experimental, diseñando y construyendo un sistema de medición para resolver un problema específico. Cada TPL tiene una duración de varias semanas con objetivos por semana, se les presenta a los estudiantes una consigna del problema (problema abierto de ingeniería) y rúbricas para la evaluación del TPL.

En los Encuentros 1 la profesora o el profesor a cargo de la actividad desarrollará contenidos de carácter general, de modo de conformar un marco de referencia en el que se pueden describir y explicar cuestiones propias de la metrología (definición de mensurandos, variables ambientales y/o fisiológicas, análisis del proceso de medición), y aspectos propios de las aplicaciones a Bioingeniería (seguridad eléctrica en instrumentos, normativas, etc.). Asimismo, se desarrollarán contenidos orientados a sistemas específicos de

medición y/o sus componentes (sensores, circuitos acondicionadores de señal, etc.), con énfasis en el mensurando o en la tecnología de medición, según corresponda. En estas sesiones, se utilizará un problema de metrología de interés biomédico, se explicará el problema a resolver, se desarrollará una introducción al tema, brindando las definiciones básicas y, construyendo un modelo matemático que muestre las relaciones entre las variables de estado. Se definirá el escenario de medición, expresándose mediante especificaciones (o requerimientos) de diseño a partir de las necesidades del usuario final. Se propondrá un sistema de medición específico, describiéndolo mediante un diagrama en bloques (diagrama funcional). Se extraerán conclusiones para resaltar los aspectos generales, aplicables a situaciones semejantes o diferentes. Se orientará a los alumnos en la búsqueda bibliográfica necesaria para completar los temas desarrollados en clase. Se pretende que los estudiantes participen activamente en la clase para lo cual se plantean actividades específicas, y que de la discusión puedan extraer conclusiones preliminares sobre los conceptos que constituyen el objetivo de cada clase. La clase se completa mediante resolución de situaciones problemáticas de medición (Problemas de Ingeniería). La resolución de problemas es una actividad realizada por los estudiantes, que facilita la articulación entre los conceptos y la creación de soluciones a situaciones problemáticas especificadas. Se entrenará a los alumnos en la lectura y comprensión de especificaciones técnicas de componentes ("datasheets") orientado a la elección más conveniente en cada situación. Se favorecerá un ambiente de debate en el que los interrogantes que surjan de los propios alumnos al momento de la resolución del problema, se analicen y discutan entre pares. En algunos casos, la situación problemática planteada o el caso de estudio es la consigna del Trabajo Práctico de Laboratorio.

En los Encuentros 1 también se dedica tiempo al trabajo con el Proyecto de Diseño (PRODIS). En esas sesiones los estudiantes trabajan en grupos y una parte de la clase se debate sobre cada proyecto entre todos los estudiantes y la profesora o el profesor a cargo realiza la orientación conceptual para que continúen trabajando en el desarrollo del PRODIS.

Los y las estudiantes se distribuirán en grupos de trabajo pequeños (3 integrantes por grupo) y los docentes en el aula realizarán la coordinación de la discusión en los distintos grupos, orientándolos para la resolución del problema. Al final de la clase se realizará una síntesis para obtener conclusiones respecto a las distintas formas de encarar los problemas y los criterios de diseño empleados mediante una discusión global. En los Encuentros 2 Los y las estudiantes realizarán un trabajo experimental, diseñando y construyendo un sistema de medición para resolver un problema de medición específico. Los docentes a cargo orientarán a cada grupo de alumnos para alcanzar los objetivos propuestos para cada clase de trabajo práctico.

Se han planificado las actividades en Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL), cada uno abarcando varias semanas a lo largo del cuatrimestre. El objetivo es que el alumno o la alumna desarrolle la capacidad de resolver una situación problemática práctica vinculada a la medida de variables físicas en un contexto de Bioingeniería. El desarrollo de cada TPL comprende las siguientes etapas: análisis conceptual del problema,

diseño de la solución, desarrollo del sistema de medición en el nivel de “protoboard”, pruebas de banco/funcionamiento y calibración. Los TPL están planteados en niveles de complejidad creciente a lo largo del cuatrimestre.

En las clases de Consultas, cada docente está disponible para los y las estudiantes, en horarios prefijados, para evacuar dudas e inquietudes.

En la realización del PRODIS los alumnos resuelven un problema complejo de instrumentación en bioingeniería a nivel de diseño (no se exige la realización física de un prototipo funcional). El PRODIS es una instancia de evaluación formativa. El problema que se plantea es una situación novedosa, diferente a las planteadas en los TPL y problemas que se resuelven en clases. El desarrollo involucra: búsqueda bibliográfica, análisis de la fuente de señal, diseño del instrumento, con indicación de todos los componentes, análisis de fuentes de error e interferencias, y la presentación de un breve informe del trabajo. El nivel de dificultad de la situación problemática planteada permite su resolución en el tiempo asignado para esta actividad (ver cronograma).

En el desarrollo de todas las actividades de la asignatura se promueve el uso de la terminología específica (lenguaje profesional), y la claridad de expresión escrita (entorno de justificación). La metodología didáctica que se lleva adelante produce la participación activa del estudiante, con lo cual se origina un ámbito para el desarrollo de habilidades de expresión oral y escrita.

Es parte esencial de la metodología de enseñanza elegida, que los alumnos completen los temas vistos en clase mediante lecturas de capítulos de libros, normas y literatura técnica, que les son indicados específicamente. Esta actividad se planifica para generar destrezas de independencia intelectual y auto-aprendizaje. Se pretende con esta metodología que el alumno no sólo incorpore los contenidos estrictos del programa, sino que pueda adquirir las destrezas para aplicarlos en la solución de problemas específicos, incluyendo la capacidad de obtener por sus propios medios, información adicional necesaria. El objetivo final es que sea capaz de abordar el diseño de instrumentos para la solución de problemas novedosos.

**Formación Práctica:**

El desarrollo de IBDyM plantea una fuerte formación práctica, se dedican 66 hs aprox a las actividades prácticas de 98 hs totales de la asignatura. Las actividades prácticas de la asignatura se basan en el análisis y las propuestas de solución de problemas reales, extraídos de la práctica clínica. Se realiza la resolución de problemas de cálculo y diseño en Ingeniería y en el Laboratorio se resuelven problemas de diseño y construcción de instrumentos de medición de diversas variables, en el nivel protoboard. Además la realización del proyecto de diseño PRODIS también aporta a la formación práctica. En el apartado metodología didáctica se describen en detalle todas estas actividades.

El detalle de las horas de formación práctica dedicadas a cada una de las competencias específicas, de acuerdo al nivel de dominio especificado, es aproximado, ya que hay actividades que contribuyen a más de una competencia específica.

**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

**Intensidad de la formación práctica**

Detalle de la carga horaria total prevista para cada una de las siguientes actividades:

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 1: 16 horas

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 2: 20 horas

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 3: 30 horas

Horas totales de actividades de formación práctica: 66 horas

**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.

**Cronograma de parciales durante el primer Cuatrimestre:**

**Primer Examen Parcial:** 29 de Abril de 2024

**Segundo Examen Parcial:** 06 de Mayo de 2024

**Tercer Examen Parcial:** 11 de Junio de 2024

**Cuarto Examen Parcial:** 12 de Junio de 2024

**Recuperatorio 01:** 24 de Junio de 2024

**Recuperatorio 02:** 25 de Junio de 2024

**Recuperatorio 03:** 26 de Junio de 2024

---

**Cronograma de parciales durante el segundo Cuatrimestre:**

**Primer Examen Parcial:** 16 de Septiembre de 2024

**Segundo Examen Parcial:** 23 de Septiembre de 2024

**Tercer Examen Parcial:** 05 de Noviembre de 2024

**Cuarto Examen Parcial:** 06 de Noviembre de 2024

**Recuperatorio 01:** 11 de Noviembre de 2024

**Recuperatorio 02:** 19 de Noviembre de 2024

**Recuperatorio 03:** 20 de Noviembre de 2024

**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

**Equipo de Cátedra:**

Prof. Titular Ms. Bioing. María Carla Mántaras - carla.mantaras@uner.edu.ar

Prof. Adjunto Bioing. Esteban Ernesto Rossi - esteban.rossi@uner.edu.ar

Prof. JTP Diego Germán Fainstein - diego.fainstein@uner.edu.ar

Prof. JTP Gabriel Maximiliano Leikan - maximiliano.leikan@uner.edu.ar

Auxiliar Alumno Alejandro Fidalgo alejandro.fidalgo@uner.edu.ar

Auxiliar Alumno Flavio Galeano flavio.galeano@uner.edu.ar

**Actividades de Investigación Gestión y Extensión:**

Actividades de Extensión, Investigación y Gestión 2024

María Carla MÁNTARAS

Docencia de grado

Dictado Curso IBDyM

Coordinación y preparación de clases/actividades LEyCEM en la asignatura Equipamiento para Terapia y Rehabilitación en el marco del LEyCEM.

Formación de los Auxiliares Alumnos de la asignatura Alejandro Fidalgo y Flavio Galeano.

**Investigación y Vinculación:**

Directora del Laboratorio de Ensayos y Calibración de Equipamiento Médico

Integrante PID-UNER 6246 director Esteban Rossi Título: "Estudio y análisis de la tasa de cambio de señal tiempo de tránsito de la Onda de Pulso como estimador de la tasa de cambio de la Presión arterial y sus aplicaciones en la Medición Ambulatoria de Presión Arterial y mejoras en el nivel de confort de los pacientes y usabilidad de Productos Médicos empleados en la actualidad".

Directora del proyecto Mejora de capacidades para la prestación de servicios tecnológicos de ensayos en equipamiento médico en uso. Ensayos de Seguridad Eléctrica y Funcionales en equipamiento médico en uso del Hospital Materno Infantil San Roque. Programa de Fortalecimiento I+D de ER. Secretaría de ciencia y Tecnología - Ministro de Producción, Turismo y Desarrollo Económico - Provincia de Entre Ríos

Dirección Beca Formación de Recursos Humanos de Jorge Tapia estudiante de Bioingeniería.

Integrante del Proyecto CIDIS: Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación en Salud - PROGRAMA CITES (Centros de Innovación y Tecnología Estratégicos) Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Responsable del proyecto: Dr. José A. Biurrun Manresa - IBB – CONICET-UNER.

Integrante del ANR Asociativo FONTAR: DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS DE SILLAS DE RUEDA MOTORIZADAS INNOVADORAS, PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD. Beneficiario:

GiveMove SAS

**Gestión:**

Consejera Directiva en representación del claustro de Profesores Titulares desde abril de 2022.

Integrante comité académico Maestría en enseñanza de la Ingeniería.

Integrante comité académico Especialización en Gestión del Diseño y Desarrollo de Productos Mecánicos.

Jurado de concursos docentes de la UNER y otras Universidades Nacionales.



Representante de la UNER en el Núcleo de Planificación y Acreditación Universitaria de la Asociación de Universidades del Grupo de Montevideo (AUGM). RES Rector N° 552/18.

Posgrado:

Docente en la Maestría en Ingeniería Biomédica.

Docente en la Especialización en Gestión del Diseño y Desarrollo de Productos Mecánicos.

Docente en la Maestría en enseñanza de la Ingeniería.

Dirección Tesis de Maestría Lic. Oscar Robalino (en etapa de defensa oral)

Dirección Tesis de Maestría Lic. Carlos Proaño (en etapa de defensa oral)

Dirección Tesis de Maestría Ing. Norberto Sanabria (en etapa de defensa oral)

Bioing. Esteban ROSSI

Docencia

Grado

Dictado de Instrumental Biomédico para Diagnóstico y Monitoreo

Dictado de Gestión de la Calidad - Carrera de Bioingeniería

Dictado de Gestión de la Calidad - Carrera de Ingeniería en Transporte

Posgrado

Dictado de Gestión de la Calidad - Carrera Especialización en Gestión del Diseño y Desarrollo de Productos Mecánicos

Dictado de Gestión de Riesgos - Carrera Especialización en Gestión del Diseño y Desarrollo de Productos Mecánicos

Dictado de Herramientas de Economía y de Gestión - Carrera Especialización en Ingeniería Clínica

Docente en la Maestría en Ingeniería Biomédica - Curso Instrumentación, Registro y Procesamiento de Señales Electrofisiológicas

Dirección Tesis de Esp. en Ing. Clínica del Bioing. Santiago Castillo

.

Investigación:

Director PID-UNER 6246 Título: "Estudio y análisis de la tasa de cambio de señal tiempo de tránsito de la Onda de Pulso como estimador de

la tasa de cambio de la Presión arterial y sus aplicaciones en la Medición Ambulatoria de Presión Arterial y

mejoras en el nivel de confort de los pacientes y usabilidad de Productos Médicos empleados en la actualidad”.

Integrante PID-UNER 6195 Título: "Desarrollo de un prototipo biosensor impedanciométrico con fines diagnóstico"

Integrante PICT 2021-1-A-0049 Titulado: El paradigma de las mediciones biológicas en anfibios y su relevancia ecológica frente al colapso de los sistemas acuáticos.

Gestión:

Miembro del comité de Maestría de FIUNER

Director Departamento Bioingeniería 2023-2025

Posgrado:

Elaboración de propuesta de tesis de doctorado

Bioing. Diego FAINSTEIN

Docencia

Dictado Curso IBDyM.

Investigación

Integrante PID-UNER 6246 director Esteban Rossi Título: “Estudio y análisis de la tasa de cambio de señal tiempo de tránsito de la Onda de Pulso como estimador de la tasa de cambio de la Presión arterial y sus aplicaciones en la Medición Ambulatoria de Presión Arterial y mejoras en el nivel de confort de los pacientes y usabilidad de Productos Médicos empleados en la actualidad”.

Gabriel Maximiliano LEIKAN

Docencia

Dictado Curso IBDyM.

Preparación y dictado de clases en la asignatura Equipamiento para Terapia y Rehabilitación en el marco del LEyCEM.

Formación de los Auxiliares Alumnos de la asignatura Alejandro Fidalgo y Flavio Galeano.

Dirección Beca Formación de Recursos Humanos de Irina Lauritto estudiante de Bioingeniería.

Responsable Técnico del Laboratorio de Ensayos y Calibración de Equipamiento Médico.

**Investigación:**

Integrante PID-UNER 6246 director Esteban Rossi Título: "Estudio y análisis de la tasa de cambio de señal tiempo de tránsito de la Onda de Pulso como estimador de la tasa de cambio de la Presión arterial y sus aplicaciones en la Medición Ambulatoria de Presión Arterial y mejoras en el nivel de confort de los pacientes y usabilidad de Productos Médicos empleados en la actualidad".

Integrante PID 6277: "Valoración cuantitativa del consumo de oxígeno y las tecnologías asociadas, a fin de proponer metodologías para la optimización de su gestión en establecimientos de salud de la región".

Integrante del proyecto Mejora de capacidades para la prestación de servicios tecnológicos de ensayos en equipamiento médico en uso. Ensayos de Seguridad Eléctrica y Funcionales en equipamiento médico en uso del Hospital Materno Infantil San Roque. Programa de Fortalecimiento I+D de ER. Secretaría de ciencia y Tecnología - Ministro de Producción, Turismo y Desarrollo Económico - Provincia de Entre Ríos.

Integrante del ANR Asociativo FONTAR: DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS DE SILLAS DE RUEDA MOTORIZADAS INNOVADORAS, PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD. Beneficiario: GiveMove SAS

**Posgrado:**

Preparación y dictado de contenido en el curso de Gestión de Mantenimiento en la Especialización en Ingeniería Clínica.

Docente del la Especialización en Gestión del Diseño y Desarrollo de Productos Mecánicos.

Asistir a curso de posgrado y/o curso de formación docente.

Alejandro FIDALGO

**Docencia:**

Auxiliar Docente Alumno de la Cátedra Instrumental Biomédico para Diagnóstico y Monitoreo.

**Investigación:**

Integrante PID-UNER 6246

Actividades de formación docente

Flavio GALEANO

**Docencia**

Auxiliar Docente Alumno de la Cátedra Instrumental Biomédico para Diagnóstico y Monitoreo.

Integrante PID-UNER 6246

Actividades de formación docente

**Requisitos de admisión para alumnos oyentes:**

Requisitos para admisión para alumnos oyentes:

Se admitirán alumnos oyentes sólo en el caso de que las comisiones de Laboratorio no se encuentren completas (máximo 15 alumnos / comisión). No hay requisitos especiales.

---

**Infraestructura, equipamiento y recursos necesarios:**

La infraestructura edilicia necesaria para desarrollar las clases de Teoría -Coloquio es un laboratorio de computación con capacidad para 30 alumnos, pizarrón, cañón y una notebook con Power - Point y computadoras para los estudiantes. Para el desarrollo de los TPL la estructura edilicia necesaria es un Laboratorio con capacidad para 15 alumnos distribuidos en 5 grupos.

Los siguientes instrumentos son necesarios para un puesto de trabajo formado por 2 ó 3 alumnos. Los TPL se realizan en 2 Comisiones de aproximadamente 5 grupos cada una.

**MATERIALES Y EQUIPOS NECESARIOS PARA UN PUESTO DE TRABAJO:**

&#9642; 1 Osciloscopio, 20 MHz, 2 canales, 1 mV/div.

&#9642; 1 Generador de señales: 0.1 – 10 000 Hz, onda senoidal, cuadrada, triangular, amplitud variable DC + (0 – 5 Vp.a.p.), resolución 1 mV, salida bipolar no referida a tierra.

&#9642; 1 Multímetro (funciones y rangos): ACV (2 - 250 VAC); DCV (200mV - 50 VDC); ACmA (0.1 - 5 A), DCmA (1 mA - 5 A); medición de resistencia (1ohm -100 Mohm), medición de capacidad (1 pF-100 uF), impedancia de entrada mínima (DCV,ACV) 100 Mohm.

&#9642; 1 Fuente de alimentación regulada: salidas fijas +15, -15, +5 (VDC), salida variable – 15 a + 15 VDC, corriente de cortocircuito 3 A, fusible de restablecimiento.

&#9642; 1 Plaqueta de diseño tipo “protoboard” para dos hileras de circuitos integrados.

&#9642; Sensores de temperatura

&#9642; Sensor de presión (Motorola).

&#9642; Sonda para el registro pletismográfico dactilar.

&#9642; Electrodo descartables para ECG.

&#9642; Amplificadores operacionales.

&#9642; Amplificadores de instrumentación.

&#9642; Optoaisladores.

&#9642; Resistencias y capacitores varios

Otros: