

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN BÁSICA
COORDINACIÓN GENERAL DE FORMACIÓN PROFESIONAL Y VINCULACIÓN UNIVERSITARIA
PROGRAMA DE UNIDAD DE APRENDIZAJE

I. DATOS DE IDENTIFICACIÓN

1. **Unidad Académica:** Facultad de Ingeniería, Mexicali; Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Ensenada; y Escuela de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Valle de las Palmas.
2. **Programa Educativo:** Bioingeniero
3. **Plan de Estudios:** 2020-1
4. **Nombre de la Unidad de Aprendizaje:** Bioinstrumentación
5. **Clave:** 36247
6. **HC:** 02 **HL:** 02 **HT:** 01 **HPC:** 00 **HCL:** 00 **HE:** 02 **CR:** 07
7. **Etapas de Formación a la que Pertenece:** Disciplinaria
8. **Carácter de la Unidad de Aprendizaje:** Obligatoria
9. **Requisitos para Cursar la Unidad de Aprendizaje:** Bioelectrónica

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BAJA CALIFORNIA
REGISTRADO
22 MAR 2019
REGISTRADO
COORDINACIÓN GENERAL
DE FORMACIÓN BÁSICA

Equipo de diseño de PUA

Jhonny Águilar Grajales
Roberto López Avitia
Oscar Roberto López Bonilla

Firma

**Vo.Bo. de Subdirectores de
Unidades Académicas**

Alejandro Mungaray Moctezuma
Humberto Cervantes de Ávila
María Cristina Castañón Bautista

Firma

Fecha: 30 de octubre de 2018

II. PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

En el curso de Bioinstrumentación se tiene como finalidad que el estudiante adquiera los conocimientos, habilidades y actitudes para analizar, evaluar y diseñar las etapas de: adquisición y manipulación de señales electrofisiológicas, su acondicionamiento, filtrado, conversión analógica-digital y protección eléctrica para los equipos de Electro-medicina. Su utilidad radica en que a través del desarrollo de actividades propicia en el estudiante el desarrollo de la responsabilidad social, la comunicación oral y escrita, la actitud autodidacta, el trabajo organizado y colaborativo, y el respeto por la vida y el medio ambiente a la par que adquiere conocimientos sobre riesgos y seguridad eléctrica en los equipos médicos, sensores y transductores para electro-medicina, corrientes iónicas y, finalmente, un panorama sobre la proyección de la bioinstrumentación.

Esta unidad de aprendizaje se imparte con carácter obligatorio en la etapa disciplinaria, tiene como requisito haber cursado y acreditado la asignatura Bioelectrónica y contribuye al área de conocimiento de Ingeniería Aplicada y Diseño.

III. COMPETENCIA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Diseñar un sistema de captura de señales electrofisiológicas de una manera científica y apropiada, para monitoreo de variables fisiológicas en personas, mediante el uso de dispositivos de adquisición, técnicas de instrumentación y el conocimiento de la electrofisiología del cuerpo humano, con una actitud crítica y responsabilidad social.

IV. EVIDENCIA(S) DE DESEMPEÑO

Implementa un prototipo funcional de un sistema de captura y monitoreo de variables fisiológicas y entrega un reporte técnico del funcionamiento del mismo.

V. DESARROLLO POR UNIDADES

UNIDAD I. Efectos fisiológicos de la electricidad y origen de los biopotenciales

Competencia:

Distinguir los efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo y el origen de los biopotenciales y sus modelos eléctricos, utilizando los métodos de protección y lineamientos establecidos, para la seguridad eléctrica de las personas, con actitud crítica y reflexiva.

Contenido:**Duración:** 10 horas

- 1.1 Efectos Fisiológicos de la Electricidad y Lineamientos de Seguridad.
- 1.2 Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica.
- 1.3 Medidas preventivas.
- 1.4 Lineamientos de seguridad eléctrica y Protección eléctrica.
- 1.5 Origen de los Biopotenciales
- 1.6 Introducción de las bioseñales y sistemas biológicos.
- 1.7 Modelos eléctricos equivalentes de células excitables
 - 1.7.1 Esféricas
 - 1.7.2 Cilíndricas

UNIDAD II. Acondicionamiento y adquisición de las de las señales electrofisiológicas y biopotenciales.

Competencia:

Analizar la naturaleza de las señales electrofisiológicas y biopotenciales, la Electrocardiografía (ECG), Electroencefalografía (EEG), Electromiografía (EMG) y Electrooculografía (EOG), por medio de las características eléctricas involucradas en la adquisición de estas, así como los mecanismos necesarios de acondicionamiento y adquisición, para su aplicación en el diseño de aparatos o dispositivos biomédicos, con actitud analítica, pensamiento creativo y honestidad.

Contenido:

Duración: 12 horas

2.1. Biopotenciales:

- 2.1.1 Electrocardiografía
- 2.1.2 Electroencefalografía
- 2.1.3 Electromiografía
- 2.1.4 Electrooculografía.

2.2. Características eléctricas.

2.3. Electroodos y accesorios.

2.4. Circuitos acondicionadores de señales necesarios.

- 2.4.1. Filtro activo pasa bajas tipo Butterworth Sallen key.
- 2.4.2. Filtro activo pasa altas tipo Butterworth Sallen key.

2.5. Acondicionamiento y Amplificadores para señales electrofisiológicas

- 2.5.1. Amplificadores de Instrumentación, compuesto.
- 2.5.2. Amplificador de Aislamiento.

2.5.3. Circuito de pierna derecha.

UNIDAD III. Electroestimulación, desfibriladores y marcapasos

Competencia:

Comparar las características eléctricas del electroestimulador, desfibrilador y marcapasos, a partir de la descripción de los mecanismos de diseño que los constituyen, para la implementación de un instrumento de aplicación biomédica, con objetividad y pensamiento crítico.

Contenido:**Duración:** 10 horas

- 3.1. Fisiopatologías cardíacas.
- 3.2. Características eléctricas del equipo.
- 3.3. Circuito sincronizador.
- 3.4. Circuitos acondicionadores de señales necesarios y generación de ondas.
- 3.5. Interferencias al M.P.
- 3.6. Características de las ondas del Desfibrilador y del M.P.I.

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE TALLER

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
UNIDAD I				
1	Clasificar el desarrollo histórico de la Bioinstrumentación, utilizando una línea del tiempo, para comprender su aportación en la bioingeniería, con una actitud colaborativa y respetuosa.	1.- El alumno realiza una investigación sobre el desarrollo histórico de la bioinstrumentación 2.- Realiza el análisis de los enfoques y la aportación de la bioinstrumentación. 3.- Elabora y entrega al docente una línea de tiempo con las principales aportaciones y conceptos a la bioinstrumentación	Investigación de parte de los alumnos con conceptos y descubrimientos históricos. Pizarrón, plumones, proyector, computadora.	1 hora.
2	Explicar la presencia de un microshock y macroshock, en una condición expuesta por un paciente, utilizando la revisión bibliográfica de casos, para diferenciar los parámetros de protección eléctrica por un paciente, de manera ordenada, reflexiva y propositiva.	1.- El alumno elabora un modelo esquemático eléctrico incluyendo al paciente. 2.- Reconocer la importancia de la protección eléctrica y la determinación de los potenciales eléctricos. 3.- Identifica y discute por equipo los parámetros de protección eléctrica y desarrolla un esquema eléctrico.	Ejemplos, ejercicios y problemas proporcionados por el docente. Pintarrón, plumones, proyector, computadora.	2 horas.
3	Analizar el principio de la generación del potencial de acción, graficando el potencial tipo espiga, para reconocer su papel esencial en el funcionamiento del sistema nervioso y motor, con una actitud respetuosa y colaborativa.	1.- El estudiante dibuja una gráfica sobre el potencial eléctrico tipo espiga. 2.- Reconoce la importancia de los diferentes transportes a través de las membranas, aplica ecuaciones para resolver problemas que	Ejemplos, ejercicios y problemas proporcionados por el docente. Recursos TIC: uso de simuladores de la ecuación de Nernst, Goldman.	2 horas.

		involucran la composición los líquidos intra y extracelulares. 3.- Dibujando en el pizarrón, explica los diferentes puntos del potencial eléctrico relacionados con los transportes de membrana.	Pintarrón, plumones, proyector, computadora.	
UNIDAD II				
4	Diferenciar los tipos de electrodos en la adquisición registro y estimulación de biopotenciales eléctricos, elaborando una tabla comparativa, para comprender sus aplicaciones y utilización en la Bioingeniería, de manera ordenada y reflexiva.	1.- Identifica los diferentes tipos de electrodos en bioingeniería y su clasificación. 2.- Identifica las principales características de los electrodos. 2.- Elabora una tabla comparativa con las características más importantes de cada uno de los electrodos utilizados en la adquisición de biopotenciales y la estimulación eléctrica.	Lista de electrodos a investigar. Características de importancia para la comparación de electrodos y su investigación. Pintarrón, plumones, proyector, computadora.	2 horas.
5	Comparar las características de las señales de electromiografía (EMG), electrocardiografía (ECG), electroencefalografía (EEG) y electrooculografía (EOG), en función del ancho de banda, amplitud de las señales, para comprender el método de adquisición y registro de los biopotenciales, de forma analítica y colaborativa.	1.- Identifica las características eléctricas de los biopotenciales, elaborando esquemas que comparen las señales de EMG, ECG, EEG y EOG. 2.- Clasifica las características de acuerdo con la amplitud, frecuencia y método de selección de los potenciales. 3.- Realiza cuadros sinópticos comparativos de las señales.	Lectura proporcionada por el docente. Pintarrón, plumones, proyector, computadora. Recursos TIC: uso de videos.	2 horas.
6	Analizar las características del Amplificador de instrumentación, calculando a partir de la configuración con tres amplificadores operacionales los	1.- Realiza un esquema de configuración de un amplificador de instrumentación apartir de tres amplificadores operacionales. 2.- Determinar los diferentes	Lectura proporcionada por el docente. Diseño de los esquemas eléctrico de un Amplificador de	2 horas

	diferentes voltajes presentes, para entender su funcionamiento en la adquisición de biopotenciales, de manera reflexiva y propositiva.	voltajes presentes en la configuración. 3.- Elaborar un análisis donde se determine los diferentes potenciales eléctricos del amplificador de instrumentación.	instrumentación. Recursos TIC: uso de videos. Pintarrón, plumones, proyector, computadora.	
UNIDAD III				
7	Examinar la posición de electrodos de las señales de Electroencefalografía (EEG), de acuerdo con la posición de colocación en el protocolo 10 – 20, para entender el número de electrodos y las formas de onda Alpha, beta, delta y theta, de forma reflexiva y dinámica.	1.- De acuerdo con el protocolo 10 – 20 el alumno identifica las zonas del cerebro. 2.- Realiza la enumeración de electrodos. 3.- Realiza un rompecabezas con la posición de electrodos para adquirir las señales de Alpha, beta, delta y theta.	Lectura y ejercicios proporcionados por el docente. Imágenes, figuras, ejemplos proporcionados por el docente para el diseño del rompecabezas. Recursos TIC: uso de videos. Pintarrón, plumones, proyector, computadora.	2 horas
8	Analizar las características de las señales que componen a un registro Electroencefalográfico (ECG), clasificando las cuatro principales ondas (alfa, beta, delta y theta), para interpretar las señales por su forma de onda, frecuencia, amplitud y condición del paciente, con una actitud colaborativa y organizada.	1.- Identifica las principales características de una señal de electroencefalografía (EEG). 2.- Escribe los parámetros de las cuatro principales ondas (alfa, beta, delta y theta) de EEG. 3.-Elabora por equipos una tabla donde agrupe las características en amplitud, frecuencia, condición del paciente y zona de colocación en el cerebro para la adquisición de las cuatro ondas de electroencefalografía.	Lectura proporcionada por el docente. Recursos TIC: uso de videos. Pintarrón, plumones, proyector, computadora.	3 horas.

VI. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

No. de Práctica	Competencia	Descripción	Material de Apoyo	Duración
UNIDAD I				
1	Analizar el funcionamiento de un amplificador de bioseñales, midiendo en configuraciones características de trabajo, para entender su funcionalidad en la adquisición de biopotenciales, con una actitud colaborativa, analítica y respetuosa.	1.- Realizar mediciones y configuraciones básicas con un amplificador operacional de bioseñales. 2.- Anotar los valores obtenidos y compararlos con la hoja de datos. 3.- Elabora un reporte con las mediciones obtenidas donde compares los parámetros obtenidos con la hoja de datos y un simulador eléctrico.	Lectura proporcionada por el docente. Osciloscopio, Generador de señales, multímetro. Hoja de datos de los circuitos integrados.	2 horas.
2	Analizar el funcionamiento de un filtro activo pasa bajas Sallen Key, realizando una configuración y obteniendo la frecuencia de corte, para su utilización en la adquisición de biopotenciales y señales electrofisiológicas, de manera ordenada, reflexiva y propositiva.	1.- Armar un filtro pasa bajas tipo Butterworth en configuración Sallen Key. 2.- Encontrar la frecuencia de corte del filtro activo. 3.- Identifica y discute por equipo cómo funciona el filtro y su aplicación en la adquisición de señales.	Lectura proporcionada por el docente. Osciloscopio, Generador de señales, multímetro. Hoja de datos de los circuitos integrados.	2 horas.
3	Examinar el funcionamiento de un filtro activo pasa altas Sallen Key, realizando una configuración y obteniendo la frecuencia de corte, para su utilización en la adquisición de biopotenciales y	1.- Armar un filtro pasa altas tipo Butterworth en configuración Sallen Key. 2.- Encontrar la frecuencia de corte del filtro activo. 3.- Identifica y discute por equipo	Lectura proporcionada por el docente. Osciloscopio, Generador de señales, multímetro.	2 horas.

	señales electrofisiológicas, de manera ordenada, reflexiva y propositiva.	cómo funciona el filtro y su aplicación en la adquisición de señales.	Hoja de datos de los circuitos integrados.	
4	Analizar una señal de electromiografía (EMG), a través de un sistema de adquisición de señales eléctricas, para identificar la colocación de electrodos y la forma de onda del potencial, con una actitud respetuosa y colaborativa.	1.- Identifica la señal Electromiografía (EMG), adquiriendo los cambios por la contracción muscular. 2.- Colocación y manejo de un protocolo de adquisición de señales de EMG. 3.- Elabora un reporte donde se identifique los principales parámetros de la señal obtenida y se compare con la literatura.	Lectura proporcionada por el docente. Osciloscopio, Generador de señales, multímetro. Equipo de adquisición de EMG (Biopac).	2 horas.
5	Analizar una señal de electroencefalográfica (EEG), a través de un sistema de adquisición de señales eléctricas, para identificar la colocación de electrodos y la forma de onda del potencial, con una actitud respetuosa y colaborativa.	1.- Identifica la señal Electroencefalografía (EEG), adquiriendo los cambios en una condición fisiológica de un paciente. 2.- Colocación y manejo de un protocolo de adquisición de señales de EEG. 3.- Elabora un reporte donde se identifique los principales parámetros de la señal obtenida y se compare con la literatura.	Lectura proporcionada por el docente. Osciloscopio, Generador de señales, multímetro. Equipo de adquisición de EEG (Biopac).	2 horas.
6	Analizar una señal de electrocardiográfica (ECG), a través de un sistema de adquisición de señales eléctricas, para identificar la colocación de electrodos y la forma de onda del potencial, de manera reflexiva y propositiva.	1.- Identifica la señal Electrocardiográfica (ECG), adquiriendo los cambios en una condición fisiológica de un paciente. 2.- Colocación y manejo de un protocolo de adquisición de señales de ECG. 3.- Elabora un reporte donde se	Lectura proporcionada por el docente. Osciloscopio, Generador de señales, multímetro. Equipo de adquisición de EEG (Biopac).	2 horas.

		identifique los principales parámetros de la señal obtenida y se compare con la literatura.		
7	Analizar una señal de electrooculografía (EOG), a través de un sistema de adquisición de señales eléctricas, para identificar la colocación de electrodos y la forma de onda del potencial, de manera reflexiva y propositiva.	1.- Identifica la señal Electrooculográfica (ECG), adquiriendo los cambios por el movimiento ocular en un paciente. 2.-Colocación y manejo de un protocolo de adquisición de señales de EOG. 3.- Elabora un reporte donde se identifique los principales parámetros de la señal obtenida y se compare con la literatura.	Lectura proporcionada por el docente. Osciloscopio, Generador de señales, multímetro. Equipo de adquisición de EOG (Biopac).	2 horas
8	Diseñar un sistema electrónico de adquisición de un electromiograma (EMG), realizando una configuración básica de adquisición electrónica, para comprender el funcionamiento de un EMG, de forma analítica, ordenada y colaborativa.	1.-Diseña un sistema de filtros y adquisición, utilizando amplificadores de instrumentación. 2.-Diseño y armado de un Electromiograma (EMG) para la adquisición en un musculo y visualización analógica. 3.- Elabora un reporte donde se identifique los principales parámetros de la señal obtenida y se compare con la literatura.	Lectura proporcionada por el docente. Osciloscopio, Generador de señales, multímetro. Diseño de un esquema básico de EMG.	6 horas
9	Diseñar un sistema electrónico de adquisición para obtener la onda Alpha de Electroencefalografía (EEG) realizando una configuración básica de adquisición electrónica, para comprender el funcionamiento de un EEG, de forma analítica, ordenada y colaborativa.	1.-Diseña un sistema de filtros y adquisición, utilizando amplificadores de instrumentación. 2.- Diseño y armado para la medición de una onda Alpha de Electroencefalografía (EEG) por los cambios en una condición de apaetura y cierre de los ojos de un paciente. 3.- Elabora un reporte donde se	Lectura proporcionada por el docente. Osciloscopio, Generador de señales, multímetro. Diseño de un esquema básico de EEG.	6 horas

		identifique los principales parámetros de la señal obtenida y se compare con la literatura.		
10	Diseñar la adquisición de tres derivaciones de las señales de un Electrocardiograma (ECG) de 12 derivaciones, armando un arreglo electrónico para seleccionar la señal a observar, para comprender el diseño de un ECG funcional, con una actitud colaborativa y organizada.	1.-Diseña un sistema de filtros y adquisición, utilizando amplificadores de instrumentación. 2.- Se adquieren 3 derivaciones ECG (una bipolar, unipolar y precordial) de manera analógica y no simultánea. 3.- Elabora un reporte donde se identifique los principales parámetros de la señal obtenida y se compare con la literatura.	Lectura proporcionada por el docente. Osciloscopio, Generador de señales, multímetro. Diseño de un esquema básico de ECG de 12 derivaciones.	6 horas.

VII. MÉTODO DE TRABAJO

Encuadre: El primer día de clase el docente debe establecer la forma de trabajo, criterios de evaluación, calidad de los trabajos académicos, derechos y obligaciones docente-alumno.

Estrategia de enseñanza (docente):

Mediante la exposición de forma ordenada y consistente, explica los fundamentos concernientes al funcionamiento de la bioinstrumentación. En sesiones de laboratorio y taller coordina diversas actividades con la participación de los alumnos, en los que incentiva la identificación y exploración de los conceptos básicos de los biopotenciales; siguiendo con dinámicas en grupos de trabajo para la solución de ejercicios y análisis de las señales electrofisiológicas y biopotenciales, siendo el maestro un monitor y guía de estos. Por último, se recomienda los ejercicios de tarea en su modalidad individual.

Cuando se manejan conceptos nuevos en clase es conveniente que antes de finalizar esta se realice una mesa redonda o bien mesas de trabajo, donde los alumnos realicen una retroalimentación de la clase mediante la descripción de los conceptos y aplicación de estos.

Estrategia de aprendizaje (alumno):

A través del trabajo individual y por equipo, en sesiones de taller y laboratorio, el alumno aplica los conceptos, del origen de los biopotenciales, su adquisición y acondicionamiento eléctrico. Los reportes, resúmenes y trabajos elaborados en estricto apego a la reflexión y a la crítica, posicionarán al alumno en pleno reconocimiento de las habilidades adquiridas, que, en conjunto con un proceso investigativo, lo posibiliten a aplicar el pensamiento innovador y creativo orientado al diseño de dispositivos biomédicos.

VIII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación será llevada a cabo de forma permanente durante el desarrollo de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

Criterios de acreditación

- Para tener derecho a examen ordinario y extraordinario, el estudiante debe cumplir los porcentajes de asistencia que establece el Estatuto Escolar vigente.
- Calificación en escala del 0 al 100, con un mínimo aprobatorio de 60.

Criterios de evaluación

3 exámenes escritos.....	30%
- Tareas, ensayos.....	5%
- Prácticas de taller y laboratorio.....	40%
- Evidencia de desempeño (prototipo funcional en equipo).....	25%
Total.....	100%

IX. REFERENCIAS

Básicas	Complementarias
Northrop, R. B. (2012). <i>Analysis and application of analog electronic circuits to biomedical instrumentation</i>. Boca Raton, Estados Unidos: CRC Press. [clásica] Tortora, G. and D., B. (2013) <i>Principios de Anatomía y Fisiología</i>. Panamericana. doi: 9786077743781. [clásica] Webster J. (2010). <i>Medical Instrumentation: application and design</i> (4ª ed.). Estados Unidos: Ed. Wiley. [clásica] Webb, A.G. (2018), <i>Principles of Biomedical Instrumentation</i>, Estados Unidos: Cambridge University Press.	Khandpur, R. S. (2005). <i>Biomedical instrumentation: technology and applications</i>. Estados Unidos: McGraw-Hill. [clásica] Mukhopadhyay, S. C., y Lay-Ekuakille, A. (2010). <i>Advances in Biomedical Sensing, Measurements, Instrumentation and Systems</i>. Estados Unidos: Springer eBooks. [clásica]

X. PERFIL DEL DOCENTE

El docente de esta asignatura debe poseer formación de licenciatura en bioingeniería, bioelectrónica, instrumentación biomédica o afín al área del conocimiento a impartir. Preferentemente con maestría o doctorado o experiencia en un área afín. Actualización y capacitación constante en las áreas de interés relacionadas a esta unidad de aprendizaje. Además, debe manejar las tecnologías de la información, comunicarse efectivamente y facilitador de la colaboración. Ser una persona proactiva, innovadora, analítica, responsable, ser honesto y capaz de plantear soluciones metódicas a un problema dado, con vocación de servicio a la enseñanza.