

## DESCRIPCIÓN DE ASIGNATURA

**Código de asignatura: 4787B4**

<b>Nombre del programa académico</b>	Maestría en Ingeniería Eléctrica		
<b>Nombre completo de la asignatura</b>	Tópico Especial (Neurociencia Computacional)		
<b>Número de créditos ECTS por categoría</b>	Ciencias naturales y matemáticas	Módulos profesionales y especiales	Humanidades y ciencias sociales y económicas
	4	2	1
<b>Semestre y año de actualización</b>	Semestre 2 - 2021		
<b>Semestre y año en que se imparte</b>	Semestre 2 - 2021		
<b>Tipo de asignatura</b>	<input type="checkbox"/> Obligatoria <input checked="" type="checkbox"/> Electiva		
<b>Director o contacto del programa</b>	Andrés Escobar Mejía		
<b>Coordinador o contacto de la asignatura</b>	Óscar Alberto Henao Gallo		

### Descripción y contenidos

#### 1. Breve descripción

**“Nuestro cerebro es una máquina de soñar que construye sus propias realidades”** Rodolfo Llinás

Desde la neurona hasta nuestro cerebro, pasando por las intrincadas columnas y redes que describen la morfología y la cinética de la señal eléctrica y su propagación, se consideran los fenómenos básicos para explicar el fenómeno consciente y el procesamiento de información relacionado.

Se presenta un núcleo neuro-científico desde una perspectiva computacional, que traza un camino iniciando en células y circuitos hasta el comportamiento y la cognición. Diferentes estructuras con diferentes tipos de neuronas, su comportamiento y conexiones conforman los fenómenos subyacentes para la propagación y procesamiento de la señal eléctrica en el cerebro. Diferentes tipos de respuesta temporal (espinas-espigas-estallidos); diferentes conexiones (axonales, dendríticas y sinápticas) y diferentes tipos de respuesta en frecuencia (Clases I-II-III y otras) conforman el nicho en la toma de decisiones bayesianas, nuestro libre albedrío, formas de aprendizaje por nombrar algunos.

Los modelos electrofisiológicos de células, tejidos, órganos y sistemas conforman la base fundamental de la investigación en ingeniería aplicada en las ciencias de la salud, involucrando diversos aspectos disciplinares tales como modelos iónicos eléctricos (neuronas, componentes diversos del sistema nervioso periférico, cerebelo, ganglios basales y corteza), acople electromecánico de músculos (unidades motoras y haces musculares, sistema autónomo y eléctrico neuronal y cardíaco). El comportamiento dinámico de los sistemas neuronales y electro-cinéticos de corrientes iónicas basados en conductancias conforman un nicho de estudio que son llevados a cabo en el grupo de grupo de Automática (ingenierías) conjuntamente con el Fisiología Celular Aplicada y Neurociencias (medicina) asociados en la UTP.

#### 2. Objetivos

- Analizar y estudiar los principios físicos termodinámicos y el campo eléctrico en tejidos vivos;
- Formalismo de Hodgkin y Huxley (HH) y de Markov para canales iónicos;
- Dinámica de iones y neurotransmisores en vaciado sináptica y comunicación dendrítica;
- Utilizar BDtoolbox para descripción dinámica de unidades celulares y redes asociadas;
- Utilizar simuladores neurales y herramientas de red como Xppaut;
- Utilizar Neuron para simular de modelos neuronales mono-segmento y multi-segmento; Generar redes neurales.

### 3. Resultados de aprendizaje

Los propósitos de formación en el estudiante de posgrado son:

- RAA-1. Conocer la fundamentación teórica, científica y práctica del formalismo de Hodgkin-Huxley para modelar canales iónicos en células neuronales excitables.
- RAA-2. Conocer en contexto, saber plantear y aplicar métodos estadísticos y probabilísticos tanto para modelos continuos de compuertas, como modelos de cadenas de Markov para canales iónicos de células excitables.
- RAA-3. Conocer en contexto, saber plantear y aplicar métodos de sistemas dinámicos y análisis de bifurcación para descripción cualitativa de modelos electrofisiológicos neuronales
- RAA-4. Conocer en contexto, saber plantear y aplicar metodologías y herramientas para implementar modelos electrofisiológicos neuronales y hallar su respuesta a excitación
- RAA-5. Conocer en contexto, saber plantear y aplicar métodos para análisis de respuestas temporales y en frecuencia de los modelos neuronales
- RAP-6. Usar el pensamiento crítico para la formulación de juicios que permitan tomar decisiones acordes con el discursar temático del curso de neurociencia computacional.
- RAP-7. Reconocer el rigor ético y científico de los trabajos de investigación asociados con la temática del curso.
- RAP-8. Incorporar conocimiento interdisciplinario en la investigación en el campo de simulación neuronal.

### 4. Contenido

- Fenómeno de transporte de membrana. Concentraciones idealizadas, modelos de capacitancia de membrana y citosol (termodinámica y leyes constitutivas) .....**(10 horas)**
- Formalismo de Hodgkin-Huxley y de Markov para membrana celular: Distribuciones de Poisson y modelamiento estocásticos (modelo circuital y de estados).....**(10 horas)**
- Canales iónicos neuronales. Potencial de Reposo de Nernst. Ecuación de Goldman. Ley generalizada de Ohm; Modelo monodominio y syncitium (continuo), respuesta en frecuencia de neuronas y su clasificación, utilización de labaxon.....**(10 horas)**
- Estudio dinámico de células neuronales: teoremas de estabilidad, puntos críticos y diagramas de bifurcación en sistemas tálamo-corticales, corticales (modelamiento en BDtoolbox) modelos cualitativos y biofísicamente detallados. ....**(10 horas)**
- Respuesta neuronal (espinas-espigas-estallidos)-Teoría del Cable. Modelos sincrónicos (osciladores acoplados tipo Winfree y Kuramoto) Comunicación dendrítica y teoría de sinapsis (modelamiento).....**(8 horas)**

### 5. Requisitos

- Los definidos en requisito de admisión en la maestría en ingeniería eléctrica
- Conocimientos de electrofisiología humana, en especial bases de la anatomía neuronal.
- Conocimientos básicos de teoría de circuitos en paralelo y sus teoremas
- Conocimiento básico del trabajo con ecuaciones diferenciales ordinarias, sus métodos de solución.
- Conocimiento básico de teoría de osciladores resonantes y acoplados y algunas nociones de planos de fase.

### 6. Recursos

#### **Lecturas obligatorias**

Llinás, Rodolfo. (2003). *El cerebro y el mito del yo: el papel de las neuronas en el pensamiento y el comportamiento humanos*. Editorial Norma. Colombia

Penrose, Roger. (2007). *Las sombras de la mente*. Editorial Crítica. Barcelona

#### **Libros de Texto**

Strogatz, S. H. (2018). *Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry, and engineering*. CRC Press.

Gerstner, W., Kistler, W. M., Naud, R., & Paninski, L. (2014). *Neuronal dynamics: From single neurons to networks and models of cognition*. Cambridge University Press.

Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S., Hudspeth, A. J., & Mack, S. (Eds.). (2013). *Principles of neural science* (5th edition) McGraw-hill. New York

Ermentrout, G. B., & Terman, D. H. (2010). *Mathematical foundations of neuroscience* (Vol. 35). Springer Science & Business Media.

Izhikevich, E. M. (2007). *Dynamical systems in neuroscience*. MIT press.

Dayan, P., & Abbott, L. F. (2001). *Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural systems*. Computational Neuroscience Series. MIT Press

#### 7. Herramientas técnicas de soporte para la enseñanza

- Se entrega toda la bibliografía y los simuladores en clase o se deja disponible en la página en construcción del curso.
- Se presentan trabajos en clase y de profundización ejecutados en grupo (colaborativos). Actividad para tener en cuenta de forma global en cada uno de los exámenes escritos.
- Se presenta trabajo integrador o proyecto final que cubre todas las áreas. Este trabajo es individual.
- Se presenta trabajo de investigación formativa, con aplicación al área individual de investigación.
- Se cuenta con presentaciones y archivos de soporte a clase consignados en la página web del curso (en construcción)

Páginas web de simuladores tipo GNU Public de libre acceso

[www.neuron.org/](http://www.neuron.org/)

[www.labaxon.org](http://www.labaxon.org)

<http://markolabweb.com/>

<https://bdtoolbox.org/>

<http://www.math.pitt.edu/~bard/xpp/xpp.html>

#### 8. Trabajos en laboratorio y proyectos

- Taller sobre propiedades físicas de los sistemas vivos (termodinámica y eléctrica). 4 horas del estudiante
- Taller de simulación utilizando LabAXON (tipo HH) y MARKOLAB (cadenas de Markov). 8 horas del estudiante en interacción con los simuladores
- Taller sobre sistemas dinámicos y análisis de respuestas neuronales (cualitativos y cuantitativos). 8 horas estudiante
- Practica calificable de simulación sobre redes neuronales puntuales y su análisis de respuesta. 24 horas estudiante a lo largo del curso.

#### 9. Métodos de aprendizaje

- Cátedra magistral. Se efectúa planteamiento y debates sobre formalismos para simular problemas neuronales y diseños circuitales propuestos.
- Aula extendida. Se dejan temáticas específicas para ser estudiadas y profundizadas en trabajo independiente, en especial se dejan artículos científicos que refuerzan la temática de clase.
- Aprendizaje basado en problemas. Se presentan problemas reales de aplicación a diseño de circuitos neurales y análisis de su respuesta dinámica y de bifurcación. Como caso particular se estudia respuesta en frecuencia de modelos electrofisiológicos neuronales
- Trabajos colaborativos. Se desarrollan actividades independientes, personalizadas y grupales en forma de trabajos prácticos.

- Investigación formativa. Se fomenta la investigación a través de actividades que permitan la construcción u organización de conocimiento

#### 10. Métodos de evaluación

La evaluación se realiza mediante la presentación de pruebas escritas y trabajos prácticos que cubren cada una de las grandes áreas de estudio.

- Examen de medio término (principios físicos, formalismos y dinámica neuronal)
- Examen final que incluye proyecto de simulación sobre redes neuronales y sus respectivos análisis dinámico.