



Programa de Modelos y Simulación de Sistemas Biológicos

1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Modelos y Simulación de Sistemas Biológicos.

2. CRÉDITOS

10.

3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

Objetivos Generales

Los objetivos generales de la asignatura se centran en la modelización de las leyes físicas presentes en fisiología cardiovascular, renal, respiratoria, neuronal, modelos epidemiológicos, ambientales, econométricos, infecciosos incluye HIV, glucosa en sangre, propagación neuronal, y modelos estadísticos como las urgencias domiciliarias, la sala de espera de hospitales, la embriología, entre otras. Es un curso donde las ciencias de la ingeniería se aplican sistemáticamente a la biología y medicina para ver los sistemas como un todo, donde se incluyen las leyes físicas, los dispositivos de medición, los métodos de asistencia biomédica, entre otros.

Objetivo Específico

Se focaliza en la formación de estudiantes con capacidad de razonamiento y análisis de sistemas de diversa índole (con orientación biológica), a través del aprendizaje sistemático de las técnicas de la modelización y la simulación. Se intenta lograr una filosofía de pensamiento científico. La modelización y la simulación de sistemas abarcan varias ramas de las ciencias exactas y biológicas. Su metodología de análisis comprende diversas técnicas aplicables a distintos tipos de sistemas biológicos y es necesario el conocimiento de tales técnicas para su abordaje y resolución.

Al final del curso, el alumno deberá haber alcanzado:

- Un sólido conocimiento en los procedimientos asociados a la modelización y a la simulación de sistemas.

- Una correcta aplicación de los conceptos físico matemáticos para la caracterización de sistemas mediante técnicas en el dominio transformado y su simulación en lenguajes de programación adecuados.
- El conocimiento de las propiedades fundamentales y aplicaciones de la teoría del control a los sistemas biológicos de uso más frecuente.
- Manejar con solvencia el SIMULINK o SIMSCAPE para la realización de los modelos implementados en el curso.

4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Desde el punto de la ingeniería estas asignaturas imparten formación en sistemas de control automáticos, ecuaciones diferenciales, circuitos, máxima transferencia de potencia, procesos estocásticos, propagación de ondas elásticas, ecuaciones de la línea de transmisión, síntesis de señales, interconexión y realimentación de sistemas, ciclos límites, etc., algunos de los cuales no se ven formalmente en la curricula de la carrera por falta de tiempo. Contiene un minicurso de control automático y uno de aplicación en la plataforma Simulink en la cual se mimifican todos los sistemas modelados.

La asignatura está diseñada de tal manera que los temas tratados se refuerzan entre sí y con los dictados en la materia fisiología cuantitativa, dando lugar a un curso holístico de Modelos en Fisiología. Siguiendo un procedimiento lógico a lo largo de ambos cursos, se forma al estudiante desde las técnicas básicas de la modelización y la simulación en el dominio del tiempo hasta las técnicas más abstractas en el dominio de la frecuencia. Se analizan sistemas no-lineales y conductas caóticas.

La asignatura se ajusta a un cronograma semestral. Las clases están divididas en teorías (4 horas semanales), prácticas (5 horas semanales) y 1 hora de estudio semanal, durante 15 semanas. El curso está estructurado en unidades temáticas consistentes en fundamentos teóricos, aplicaciones y ejercitación de cada una de ellas. Tipo de curso: Teóricos – Prácticos – Discusiones.

	Teórico	Práctico	Estudio	Total
Total	60	74	16	150
No presenciales		48	16	64
Presenciales	60	26	0	86

El desarrollo de las clases teóricas y prácticas tiene un denominador común: la implementación de técnicas operacionales tipo Simulink y Matlab para la adquisición por parte del estudiante de una capacidad de razonamiento crítico en la modelización y la simulación de sistemas. Ello se logra integrando los conceptos teóricos y prácticos en el diseño de algoritmos en donde se pueden observar similitudes, diferencias y variaciones entre todos los métodos de análisis y caracterización de sistemas.

Esta modalidad permite combinar el aprendizaje de conceptos con su inmediata aplicación práctica, de modo de ir fomentando la creatividad y el ingenio por parte del alumno, condiciones necesarias para el perfil de todo graduado en ciencias de la ingeniería.

Modalidad de Seguimiento y Evaluación

La asignatura tiene un total de 10 desafíos individuales donde el alumno demuestra la integración de los conocimientos teóricos prácticos recibidos y un examen integrador al final del cursado. El mismo tiene el carácter de examen integrador de conocimientos teóricos y prácticos y tendrá solamente una instancia de recuperación. Además, como condición de regularización de la asignatura, deberán presentarse en forma individual todos los trabajos prácticos de programación y simulación en la plataforma adoptada.

Requisitos de Aprobación y/o Exoneración

Un trabajo de modelo y simulación basado en un sistema fisiológico real con implicancias clínicas y fisiopatológicas servirá como base para la realización del examen final de la asignatura.

Formato del curso. Modalidades de enseñanza: El curso tiene una duración de un semestre y concluye con una semana de repaso y un examen final integrador.

5. TEMARIO

Unidad N° 1. Introducción. Modelización. Modelización matemática. Modelos concentrados versus distribuidos. Fundamentos de la modelización compartimental. Métodos matemáticos aplicables a la resolución de modelos compartimentales lineales deterministas. Diferencias entre modelos en Ingeniería y en Ciencias Biomédicas. Normas para la modelización en las Ciencias Biomédicas. Recomendaciones N.I.H. Conceptos básicos de la simulación. Simulación de procesos discretos. Simulación de procesos continuos. Tecnologías adicionales de simulación.

Unidad N° 2. Herramientas básicas de modelización. Conceptos básicos de sistemas. Aprendiendo a modelar sistemas. Ejemplos que involucren conceptos de métodos elementales. Métodos gráficos. Optimización. Métodos estocásticos. Montecarlo. Ecuaciones diferenciales. Métodos analíticos. Métodos numéricos. Estabilidad. Modelización cualitativa. Introducción a la simulación. Simulación de procesos discretos. Simulación de procesos continuos. Tecnologías adicionales de simulación. Introducción al SIMULINK. Nociones de Computación Analógica. Modelos numéricos. Método de elementos finitos.

Unidad N° 3. Breve repaso de sistemas de control. Análisis estático de sistemas fisiológicos. Lazo abierto vs lazo cerrado. Regulación del volumen minuto. Determinación del punto operativo. Regulación por barorreceptores.

Unidad N° 4. Modelización y simulación de tejido blandos. Breve reseña sobre Fisiología y reología muscular y conectivo. Reología del tejido vascular. Modelización de la pared arterial. Ecuación constitutiva. Modelización en el tiempo y la frecuencia. Identificación de sistemas. Modelos paramétricos.

Unidad N° 5. Modelización mediante analogías eléctricas. Ondas y Circuitos en el Sistemas Biológicos. Circuitos concentrados que mimifican el corazón. Breve reseña sobre fisiología cardíaca. Modelo elástico resistivo. Modelo eléctrico. Acoplamiento óptimo ventrículo arterial. Máxima transferencia de Energía. Circuitos concentrados que mimifican el sistema Arterial. Modelo de Windkessel WK. WK2e. WK3e. WK4e. Circuitos distribuidos que mimifican el sistema Arterial. Línea de transmisión.

Unidad N° 6. Modelización y simulación de la sangre. Comportamientos lineales, no lineales y bifásicos. Influencia del hematocrito. Hemoreología.

Unidad N° 7. Modelización en Ciencia de Datos. Modelización de datos clínicos. Regresión lineal simple. Regresión lineal múltiple. Regresión no lineal. Ajuste de los modelos a datos experimentales. Regresión logística. Estimación de la función de supervivencia. Riesgo. Odds Ratio. Modelos paramétricos. Modelo de riesgo proporcional de Cox. Base de datos clínicos. Introducción a Grandes Datos

Unidad N° 8. Modelización de neuronas. Modelo de Hodgkin-Huxley. Modelo de Morris Lecar

Unidad N° 9. Modelización del sistema oculomotor. Modelo de Westheimer. Modelo de Robinson. Sistema de control saccádico.

Unidad N° 10. Modelización compartimental. Modelo de la farmacocinética de la glucosa en sangre. Modelos de enfermedades infecciosas. Modelos epidemiológicos.

6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
Unidad 1, 2, 3, 4, 5, 6,7	1,2,4	3,7,8,9,10,11,12
Unidad 8	1,8	4,9,10,11,12
Unidad 9	1,4,8	9,10,11,12
Unidad 10	1,8	4,9,10,11,12

1. A.M. Law, W.D. Kelton, "Simulation Modeling & Analysis", McGraw-Hill, Inc., 1991.
2. Bender E.A. An Introduction to mathematical Modeling. Dover Publications Inc. New York. 1978.
3. Eminyan M, Rubin K. Introducción à la Simulation de Systemes Physiques. Interditions. París. 1994.
4. Enderle John. Class notes on Physiological Modeling. Universidad de Connecticut. 2008.
5. Khoo M.C.K. Physiological Control systems.. Ieee series in biomedical engineering. 2000.
6. Li John K. J.. Arterial System Dynamics. Biomedical Engineering series. New York: Univ. Press.1987.
7. NIH Conference. Modeling in Biomedical Research: An assessment of current and Potential approaches. U.S. department of Health and Human Services. 1989.
8. Smith. J.M. Mathematical Modeling and Digital Simulation For Engineering and Scientist. Wiley Interscience. New York. 1987.

Recursos didácticos a utilizar como apoyo a la enseñanza.

Contenido de la asignatura:

- Presentaciones en Powerpoint.
- Clases integradoras en video.
- Material de soporte: Apuntes, trabajos científicos y sitios web con ejemplos.

- Guías de ejercitación.

7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

7.1 Conocimientos Previos Exigidos

Biología celular, bioquímica, fisiología, biofísica, física, ecuaciones diferenciales, señales y sistemas, programación.

7.2 Conocimientos Previos Recomendados

Fisiopatología, análisis complejo, contenidos integrados de fisiología y equipamiento médicos.

ANEXO A

A1) INSTITUTO

Departamento de Ingeniería Biológica, CENUR Litoral Norte.

A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

Semana 1	Introducción. Modelización. Modelización matemática. Modelos concentrados versus distribuidos
Semana 2	Diferencias entre modelos en Ingeniería y en Ciencias Biomédicas. Normas para la modelización en las Ciencias Biomédicas. Recomendaciones N.I.H.
Semana 3	Herramientas básicas de modelización
Semana 4	Ecuaciones diferenciales. Métodos analíticos. Métodos numéricos. Estabilidad. Introducción a la simulación. Introducción al SIMULINK
Semana 5	Circuitos concentrados que mimifican el corazón. Breve reseña sobre fisiología cardíaca. Modelo elástico resistivo. Modelo eléctrico. Acoplamiento óptimo ventrículo arterial. Máxima transferencia de Energía
Semana 6	Breve repaso de sistemas de control. Análisis estático de sistemas fisiológicos. Lazo abierto vs lazo cerrado. Regulación del volumen minuto. Determinación del punto operativo. Regulación por baroreceptores
Semana 7	Modelización de la pared arterial. Ecuación constitutiva. Modelización en el tiempo y la frecuencia. Identificación de sistemas. Modelos paramétricos
Semana 8	Circuitos concentrados que mimifican el sistema Arterial. Modelo de Windkessel WK. WK2e. WK3e. WK4e
Semana 9	Circuitos distribuidos que mimifican el sistema Arterial. Línea de transmisión.
Semana 10	Modelización y simulación de la sangre. Comportamientos lineales, no lineales y bifásicos. Influencia del hematocrito.
Semana 11	Fundamentos de la modelización compartimental. Métodos matemáticos aplicables a la resolución de modelos compartimentales lineales deterministas
Semana 12	Modelo de la farmacocinética de la glucosa en sangre.
Semana 13	Modelos de enfermedades infecciosas.
Semana 14	Modelización en Ciencia de Datos. Modelización de datos clínicos. Regresión lineal simple. Regresión lineal múltiple. Introducción a Grandes Datos
Semana 15	Modelización de neuronas. Modelo de Hodgkin-Huxley. Modelo de Morris Lecar

Modelos y Simulación	Teórico	Práctico	Estudio	Total
Total	60	74	16	150
Introducción. Modelización. Modelización matemática. Modelos concentrados versus distribuidos	4	4	2	6
Diferencias entre modelos en Ingeniería y en Ciencias Biomédicas. Normas para la modelización en las Ciencias Biomédicas. Recomendaciones N.I.H.	4	5	1	11
Herramientas básicas de modelización	4	5	1	11
Ecuaciones diferenciales. Métodos analíticos. Métodos numéricos. Estabilidad. Introducción a la simulación. Introducción al SIMULINK	4	5	1	11
Circuitos concentrados que mimifican el corazón. Breve reseña sobre fisiología cardíaca. Modelo elástico resistivo. Modelo eléctrico. Acoplamiento óptimo ventrículo arterial. Máxima transferencia de Energía	4	5	1	11

Breve repaso de sistemas de control. Análisis estático de sistemas fisiológicos. Lazo abierto y lazo cerrado. Regulación del volumen minuto. Determinación del punto operativo. Regulación por baroreceptores	4	5	1	11
Modelización de la pared arterial. Ecuación constitutiva. Modelización en el tiempo y la frecuencia. Identificación de sistemas. Modelos paramétricos	4	5	1	11
Circuitos concentrados que mimifican el sistema Arterial. Modelo de Windkessel WK. WK2e. WK3e. WK4e	4	5	1	11
Circuitos distribuidos que mimifican el sistema Arterial. Línea de trasmisión.	4	5	1	11
Modelización y simulación de la sangre. Comportamientos lineales, no lineales y bifásicos. Influencia del hematocrito.	4	5	1	11
Fundamentos de la modelización compartimental. Métodos matemáticos aplicables a la resolución de modelos compartimentales lineales deterministas	4	5	1	11
Modelo de la farmacocinética de la glucosa en sangre.	4	5	1	11
Modelos de enfermedades infecciosas.	4	5	1	11
Modelización en Ciencia de Datos. Modelización de datos clínicos. Regresión lineal simple. Regresión lineal múltiple. Introducción a Grand Datos	4	5	1	11
Modelización de neuronas. Modelo de Hodgkin Huxley. Modelo de Morris Lecar	4	5	1	11

A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

El curso tendrá sólo dos resultados, perdido o exonerado. La exoneración del curso se obtiene mediante el 75% de asistencia y de la aprobación del 90% de los trabajos prácticos distribuidos a lo largo del curso. Para aprobar cada trabajo práctico se requiere una nota mayor al 75% de la máxima nota asignada al mismo. Para sostener la modalidad antes mencionada, también habrá una evaluación oral continua a desarrollarse en cada clase por parte de los docentes mediante el instrumento de desafíos individuales, donde el alumno debe resolver problemas abiertos encontrados en la práctica de la ingeniería aplicada a la fisiología que constituyen el núcleo de cada trabajo práctico.

A4) CALIDAD DE LIBRE

No se aceptan estudiantes en calidad de libre.

A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

No presenta cupos la unidad curricular (ni máximos ni mínimos).

ANEXO B: para la carrera de Licenciatura en Ingeniería Biológica

B1) ÁREA DE FORMACIÓN

- Ingeniería Biológica.
- Control.

B2) UNIDADES CURRICULARES PREVIAS

Curso:

- Aprobación del examen de Programación 1
- Aprobación del examen de Métodos Numéricos
- Aprobación del examen de Ecuaciones Diferenciales
- Aprobación del examen de Bases Biomoleculares 1
- Aprobación del curso de Bases Biomoleculares 2
- Aprobación del curso de Bases Histo-Anatomo-Funcionales
- Aprobación del curso de Señales y Sistemas

Examen:

- Aprobación del examen de Señales y Sistemas
- Aprobación del examen de Bases Biomoleculares 2
- Aprobación del examen de Bases Histo-Anatomo-Funcionales
- Aprobación del curso de Fisiología Cuantitativa