

**Planificación de la Asignatura:** Modelos de Sistemas Biológicos - Bioinformática

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

**Código:** L1333

**Carrera:** Licenciatura en Bioinformática

**Departamento Académico:** Bioingeniería

**Docente a cargo:**

**Correo del docente a cargo:** carlos.pais@uner.edu.ar

**Régimen de Dictado:** Cuatrimestral 1º Cuatrimestre

**Carga Horaria Semanal:** 6 horas semanales

**Carga Horaria Total:** 84 horas

---

**Contenidos Mínimos:**

Modelización por analogías, modelos compartimentales, modelos poblacionales, modelos en epidemiología, autómatas y agentes, modelos ocultos de Markov y caos en sistemas biológicos.

**Competencias Genéricas:**

CT 4. Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la disciplina Bioinformática: Nivel de dominio 3.

CT 5. Contribución a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas: Nivel de dominio 1.

CS 1. Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo: Nivel de dominio 2.

CS 2. Fundamentos para una comunicación efectiva: Nivel de dominio 1.

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 dom. 1.

CS 5. Fundamentos para el aprendizaje continuo y autónomo: Nivel de dominio 1

**Competencias Específicas:**

CE 2: Modelizar moléculas de interés médico para su uso en biotecnología y/o empresas involucradas en el desarrollo de fármacos: Nivel de dominio: 1.

CE 3: Desarrollar estudios en metodologías estadísticas, matemáticas y computacionales para analizar el genoma y la expresión génica: Nivel de dominio 1.

CE 4: Desarrollar estudios de modelización de los mecanismos de regulación de la expresión génica: Nivel de dominio 1.

CE 5: Generar estrategias para la modelización de epidemias que permitan analizar la evolución de las mismas en los diferentes espacios sociales tendientes a la elaboración de planes y proyectos que permitan elaborar políticas de salud destinadas a prevenir sus consecuencias sociales: Nivel de dominio 3.

CE 6: Aplicar métodos computacionales y matemáticos en inmunología y virología: Nivel de dominio 1.

CE 7: Participar en estudios de cambio global y pérdida de biodiversidad mediante la creación de modelos que incorporen variables para evaluar los posibles efectos de tales modificaciones: Nivel de dominio 2.

CE 9: Participar en el desarrollo y la implementación de la tecnología de GeneChips, expresión génica, mapeo, rastreo de polimorfismos, descubrimiento de genes y desarrollo de algoritmos diagnósticos: Nivel de dominio 1.

CE 10: Aportar soluciones mediante la realización de simulaciones en campos de neurociencia computacional y cristalografía macromolecular computacional: Nivel de dominio 1.

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

Toda la asignatura intenta que el alumno adquiera y domine técnicas y herramientas de aplicación en la disciplina Bioinformática con el máximo nivel de complejidad e integración. Todas las actividades de la cátedra están basadas en situaciones reales de la práctica profesional del bioinformático, buscando su

autonomía, con alto grado de autogestión, especialmente expresados por el Trabajo Final.

La contribución a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas viene dada a través de los ejemplos y temas que intentan mantenerse en la frontera del conocimiento de la temática.

Dado que tanto los trabajos prácticos de la asignatura como el Trabajo Final debe ser realizado de forma grupal y autónoma, se aporta con un nivel significativo de dominio al desempeño en equipos de trabajo y a una comunicación efectiva.

Además de llevar adelante implementaciones concretas de modelos en el ámbito de la bioinformática, los alumnos deben reproducir y criticar un trabajo científico actual (en esto consiste el Trabajo Final de cátedra). Mediante estas actividades y el proceso de validación contra datos de la realidad que todo modelo debe contener, el alumno comienza a ser capaz de evaluar y actuar en relación con el impacto social de su actividad profesional.

Aunque la Modelización Molecular es objeto de estudio en otras asignaturas, algunos complejos moleculares son vistos como sistemas y estudiados en la materia como autómatas, en sistemas compartimentales, mediante analogías o modelos de Markov, lo que le brinda al alumno una aproximación inicial a la temática.

Las metodologías desarrolladas en la asignatura se basan en estudios matemáticos y computacionales que permiten modelizar la realidad, tanto a nivel macro, como meso y micro (donde se encuentran el genoma y la expresión génica).

Uno de los contenidos presentados de forma explícita en el programa analítico de la asignatura es la modelización de epidemias, tema que se intenta abordar de forma integral, teniendo en cuenta los diferentes espacios sociales que pueden ser afectados y las políticas de salud que pueden prevenir las consecuencias sociales.

En diferentes ejemplos y situaciones prácticas se estudian modelos y realizan simulaciones del sistema inmunológico y se tiene en cuenta su relación con diferentes virus, lo que brinda al alumno una aproximación inicial a estos temas. Lo mismo sucede con los modelos del sistema neuronal humano y los ecosistemas que aportan al estudio de cambio global y pérdida de biodiversidad.

Los modelos aportan al desarrollo de algunos algoritmos diagnósticos y desde la cátedra se intenta que el alumno tome conciencia de que su participación y aporte pueden ser determinantes en este área.

---

**Correlativas Regulares para cursar:**

Programación Avanzada

Métodos Estadísticos

Señales y Sistemas

**Correlativas Aprobadas para cursar:**

No posee

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

Primer año

Programación Avanzada

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

En 8 de las 10 actividades listadas en los alcances del título de Licenciado en Bioinformática, aprobado por RESOLUCIÓN N° 847/05 del MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACIÓN DE LA NACIÓN, se menciona de forma directa o indirecta la modelización de sistemas biológicos, de allí se desprende la vital importancia que tiene esta materia en la formación del alumno y futuro Licenciado en Bioinformática.

Los temas principales de la asignatura están vinculados al modelado matemático y computacional de sistemas biológicos tanto a nivel micro, como meso y macro.

Debido a que la asignatura es de cursado obligatorio para los alumnos de la carrera de la Licenciatura en Bioinformática pero es electiva para los alumnos de la carrera de Bioingeniería, se edifican los contenidos específicos de esta materia sobre los conocimientos comunes a ambas carreras, pero se hace especial hincapié sobre los ejemplos que se encuentran en el ámbito de aplicación de la bioinformática, sabiendo que los mismos son comprendidos también por los alumnos de Bioingeniería.

- "Química General e Inorgánica", "Química Orgánica y Biológica" e "Introducción a la Física", "Física Eléctrica", principalmente, aportan la base conceptual para transcribir la realidad concreta (sistemas naturales o dispositivos artificiales) a una versión abstracta y simplificada de la misma, permitiendo tomar en cuenta sólo los elementos relevantes al problema que se desea tratar.
- "Cálculo en una Variable", "Álgebra Lineal y Geometría Analítica", "Matemática Discreta", "Cálculo Vectorial" y "Ecuaciones Diferenciales" principalmente, brindan la base formal para la descripción matemática de los modelos físicos, químicos y las herramientas aplicables al tratamiento de señales y sistemas derivados de estos.
- "Probabilidad y Estadística" y "Métodos estadísticos" presentan las nociones básicas para comprender los procesos y modelos aleatorios y estocásticos aplicados a los sistemas vivos.
- "Informática Básica", "Fundamentos de Programación", "Programación avanzada", "Algoritmos y Estructura de Datos" e "Inteligencia Artificial" principalmente, dan la base herramental que sustentará la implementación computacional de los modelos o técnicas desarrollados.
- "Bioquímica", "Biología Molecular y Celular", "Genética", "Epistemología" y "Estructuras biomoleculares" principalmente, son el ámbito de aplicación de los modelos y técnicas desarrolladas.
- "Señales y Sistemas": brinda las bases del procesamiento digital de señales necesarias para analizar y manipular las señales que intervienen en los modelos.
- "Inglés I y II": debido a que una parte importante de la bibliografía está disponible en Inglés, es necesario que los alumnos posean capacidad suficiente para la lectura y comprensión de textos en este idioma.

Por su parte, las materias "Análisis y alineamiento de secuencias" y "Modelos para Políticas

Socio-sanitarias" se nutren de los conocimientos adquiridos por el alumno en Modelos de Sistemas Biológicos.

**Objetivo General:**

Que el alumno logre:

- Desarrollar aptitudes y habilidades que le permitan integrar, obtener y aplicar conocimientos y herramientas para la generación de modelos de sistemas biológicos.
- Adquirir actitudes tendientes a la generación de aportes genuinos en la generación y resolución de modelos de sistemas biológicos, teniendo como herramienta principal a la computadora.
- Fortalecer el uso del marco conceptual-teórico en la capacidad del alumno para inferir estructuras y comportamientos no directamente observables.
- Aumentar su capacidad para adquirir conocimientos en forma autónoma y en tareas grupales.
- Reconocer su propia capacidad de aportar conocimientos al desarrollo de la bioinformática a través de la formulación de modelos de sistemas biológicos

**Objetivos Particulares:**

Que el alumno logre:

- Utilizar la simulación en computadora como herramienta para el estudio de situaciones típicas en el contexto de sistemas biológicos, tanto a nivel micro como meso y macro.
- Comprender el concepto de modelo y poder aplicar las etapas de construcción de un modelo.
- Aplicar las estrategias básicas para el modelado de sistemas biológicos.
- Modelar y simular epidemias.
- Comprender los conceptos fundamentales de agentes y autómatas determinísticos y probabilísticos y su uso para el modelado de sistemas complejos.
- Modelar y simular sistemas caóticos.
- Utilizar con juicio crítico las herramientas computacionales disponibles.
- Interpretar correctamente los resultados de las simulaciones de los modelos obtenidos mediante distintas estrategias.

**Programa Analítico:**

La asignatura abarca los fundamentos y conceptos principales involucrados en el proceso de modelización de sistemas biológicos y de varias estrategias y enfoques sobre casos concretos de aplicación en el campo de la bioinformática.

**PARTE 1: Fundamentos y técnicas clásicas.****Unidad I: Introducción a los modelos, los sistemas y las señales**

Objetivos generales de la materia. Breve presentación de los temas y su interrelación. Noción inicial de modelo, las señales y los sistemas, diferencia entre el modelo y la realidad, ejemplos de problemas de aplicación. Importancia de los modelos en la ciencia. Definición de modelo. Propiedades. Etapas en la construcción de un modelo. Ventajas del lenguaje matemático y computacional. Simplificaciones y aproximaciones al mundo real. Análisis y síntesis. Tipos de errores. Formas de medir y evaluar la eficacia de un modelo. Modelado de sistemas vs modelado de señales. Ejemplos de modelos. Ecuaciones diferenciales derivadas de modelos simples. Simulación por computadora. Revisión de métodos de resolución numérica de ecuaciones diferenciales.

**Unidad II: Modelos poblacionales.**

Modelización poblacional: Contexto histórico del nacimiento de la modelización poblacional. Movimientos e interacción entre poblaciones. Relaciones intra e interespecíficas. La ecuación logística generalizada. Las ecuaciones de Lotka y Volterra. Ejemplos de modelos poblacionales en bioinformática.

**Unidad III: Modelos compartimentales.**

Modelos de sistemas compartimentales: Contexto histórico del nacimiento de la modelización compartimental. Definición de compartimentos. Sistemas de dos compartimentos. Diferencias con el enfoque poblacional. Modelos catenarios y mamilares. Transporte por difusión por membrana y flujos de gases y líquidos. Transporte de materia y energía. Cinética química con y sin reacción. Ejemplos de modelos compartimentales en bioinformática.

**Unidad IV: Modelos de epidemiología.**

Contexto histórico del nacimiento de la modelización en epidemiología. El modelo de KermackMcKendrick. El número básico de reproducción. Fuerza infectiva. Modelos SEIRS. Enfermedades mediadas por vector. Ejemplos.



#### Unidad V: Modelización por analogías

Analogías entre sistemas eléctricos, hidráulicos, mecánicos y biológicos. Variables “entre” y “a través”. Ecuaciones dinámicas de sistemas simples. Equivalencias entre unidades. Sistemas SISO convolutivos de parámetros concentrados. Ley de Ohm universal. Elementos que almacenan energía cinética y potencial. Ecuaciones de almacenamiento de energía en los distintos sistemas. Ejemplos y casos de estudio.

#### PARTE 2: Técnicas avanzadas.

#### Unidad VI: Modelización por autómatas determinísticos.

Modelización local: definición. Modelización computacional. Complejidad.

Autómatas de estados finitos: Contexto histórico del nacimiento de la modelización por autómatas.

Definición. Propiedades. Grafos de estado. Ejemplos.

Autómatas celulares: Topología, dimensiones y vecindades. Condiciones de contorno. Ejemplo de simulación del comportamiento del tejido excitable cardíaco. Otros ejemplos biológicos. Modelos neuronales.

#### Unidad VII: Modelización por autómatas estocásticos.

Modelos estocásticos: Métodos de generación de números aleatorios y su utilización en el modelado de sistemas. Características. Métodos tipo Monte Carlo y Gillespie.

Autómatas probabilísticos: Contexto histórico del nacimiento de la modelización por autómatas. Definición. Propiedades. Grafos de estado. Relación con autómatas determinísticos. Modelos observables. Modelos ocultos de Markov. Modelos de izquierda-derecha. Introducción al algoritmo de Viterbi. Planteo de los problemas de evaluación, decodificación y entrenamiento. Ejemplos.

#### Unidad VIII: Modelos basados en Agentes.

Agentes: Contexto histórico del nacimiento de la modelización basada en agentes. Introducción a los fenómenos emergentes y generativos. Definición. Propiedades. Particularidades. Microespecificación. Macroestructura. Herramientas disponibles. Ejemplos.

#### Unidad IX: Modelos no lineales y Caos.

Modelos no lineales: Planos de fase. Trayectorias, atractores y soluciones numéricas. Ejemplos en tejidos excitables.

Modelos que incorporan Caos: Definición de Caos. Existencia de comportamiento caótico. Bifurcaciones. Diferencias con el caso aleatorio. Las firmas del Caos en secuencias numéricas. Simulación de la ecuación logística, diagrama de bifurcaciones. Relación con los fractales y ejemplos biomédicos.

**Metodología Didáctica:**

La asignatura está orientada al estudio de las técnicas de construcción, a partir del conocimiento del sistema y sus partes constitutivas, y el análisis de los modelos de sistemas biológicos. En general, no existen guías exactas para diseñar y construir modelos desde sus partes constitutivas (no interpretados como cajas negras), por lo que una de las mayores fuentes para el aprendizaje es la experiencia, viendo ejemplos y creando modelos propios. Estas características específicas de la asignatura hace que la metodología didáctica esté orientada hacia el aprendizaje activo y centrado en el estudiante, en pos de contribuir al desarrollo de competencias mediante el aprendizaje basado en desafíos (problemas y proyectos).

Los encuentros semanales están diagramados de la siguiente forma:

- clases de teoría (2 horas semanales)
- clases de coloquio (1 hora semanal)
- clases de trabajos prácticos (3 horas semanales)
- clases optativas de consulta (1 hora semanal)

Las clases de teoría son exposiciones introductorias a cada uno de los temas con ejemplos del ámbito bioinformático/biomédico, enfocados desde una perspectiva teórica, destacando los conceptos fundamentales, sus alcances y presentando brevemente sus raíces históricas.

Las clases de coloquio refuerzan los conceptos teórico-prácticos más importantes de cada tema mediante la discusión de preguntas orientadoras y/o las dudas que hubiesen surgido en el desarrollo de las clases teóricas y prácticas. Esto tiene como objetivo trabajar sobre las dificultades e inquietudes conceptuales que se presenten. Este enfoque obliga a una participación activa del alumno en su propia formación.

Se prevé también dedicar un grupo de clases de coloquio para la búsqueda, estudio, implementación y propuestas de mejora por parte de los alumnos, de trabajos científicos que desarrollen modelos concretos. Esta actividad es denominada Trabajo Final. Esto persigue el objetivo de que los alumnos entren en contacto con el lenguaje científico y puedan palpar de qué manera formula un modelo un científico del área de la bioinformática. En el marco del Trabajo Final se requiere del alumno, trabajando en grupos de no más de cuatro personas, que implemente al menos parcialmente el modelo descrito en el trabajo científico, proponga de forma creativa una mejora o alternativa de resolución y sea capaz de presentarlo al resto de la clase y los docentes.

Las clases de trabajos prácticos consisten en la implementación en computadora de modelos de interés bioinformático/biomédico y de sus métodos de análisis, así como la resolución de ejercicios y ejemplos. Al principio de cada clase se explican las características del trabajo a realizar por los alumnos, asociado al tema desarrollado previamente en la clase teórica. Los prácticos son intensivos, por lo que los alumnos reciben orientación y apoyo durante la clase práctica, pero deben desarrollar también actividad en forma autónoma en el contexto de un equipo de 2 o 3 miembros. La incorporación paulatina de conceptos básicos a través de las sucesivas guías de trabajos prácticos permite lograr una visión integradora de todos los temas, es por esto que el alumno debe haber conseguido (en el marco de su grupo) demostrar el dominio de la implementación en computadora de cada uno de los trabajos prácticos para poder regularizar la materia.

Los horarios de consulta permiten aclarar las dudas que no se hayan podido cubrir en el resto de las instancias. Eventualmente, estas clases pueden también brindar el medio para que los alumnos que lo deseen puedan profundizar en aquellos temas de su interés incluidos en la asignatura.

Se toman dos exámenes parciales teórico-conceptuales según se detalla en la ficha de evaluación. La discusión grupal de los trabajos científicos, cada guía de ejercicios, la resolución de problemas y las evaluaciones de trabajos prácticos son también instancias de consolidación de los conceptos trabajados con anterioridad.

**Formación Práctica:**

La formación práctica en la asignatura comienza con una clase práctica de resolución de ejercicios orientado a la utilización de Métodos Numéricos, necesarios para la integración en computadora de las ecuaciones diferenciales que se presentan en los modelos biológicos globales. Se refuerza los conocimientos acerca de Métodos Numéricos en la primer clase teórica y el primer coloquio, debido a que se observa un importante bache en la formación del licenciado en Bioinformática vinculado a la integración numérica de funciones matemáticas. Si no se dedicaran horas cátedra a este contenido temático, este bache impactaría sobre todas las demás actividades prácticas de la asignatura. Por consecuencia, se decidió incluir una clase práctica de ejercicios en la que los alumnos integran de forma numérica distintas funciones matemáticas que serán ocupadas en las subsiguientes clases prácticas.

La mayor parte de la formación práctica de la materia se basa en resolución de problemas debido a que se plantean situaciones reales e hipotéticas del ámbito de la bioinformática cuya solución requiere la aplicación de los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnologías enseñadas en la asignatura. Por lo tanto, la clase práctica es un desafío a resolver en computadora, donde el alumno puede llegar a más de una solución correcta del problema.

Existe una instancia de la formación práctica donde el alumno debe implementar, al menos en parte, la resolución práctica a un problema del ámbito de la bioinformática descrito en un trabajo científico con referato internacional, pero además se le solicita que genere una solución alternativa al problema enunciado en este trabajo científico. Esta resolución de problema abierto implica el desarrollo de un código, generado con el lenguaje de programación que el alumno elija, que resuelva al menos parcialmente el problema planteado en el trabajo científico de una forma distinta, creativa.

**Listado de Actividades de Formación Práctica:**

GTP1: "Trabajo con Métodos Numéricos"

GTP2: "Modelos poblacionales: Dinámica del HIV"

GTP3: "Modelo compartimental de la regulación de la glucosa en sangre, mediada por insulina."

GTP4: "Modelización por analogías: simulación determinística del Potencial de Acción Nervioso siguiendo el Modelo de Hodgkin y Huxley"

GTP5: "Modelado de tejido excitable cardíaco por autómatas determinísticos"

GTP6: "Modelos de Epidemiología (SEIR): Dinámica de una epidemia"

GTP7: "Modelización mediante Agentes: fenómenos emergentes de Clustering y Fogging"

GTP8: "Modelización estocástica: el Modelo de Hodgkin y Huxley incluyendo la dinámica de los canales iónicos"

GTP9: “Generación del Trabajo Creativo basado en el Trabajo Científico elegido”

GTP10: “Caos en sistemas biológicos”

**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: 15 horas

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 2: 3 horas

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 3: 0 horas

Horas totales de actividades de formación práctica: 30 horas

**Metodología de Evaluación Durante el cursado:**

El acceso a las condiciones de regularidad y de promoción se efectuará a través de tres instancias distintas de evaluación:

- a) Obtención de resultados correctos de los modelos estipulados en los trabajos prácticos.
- b) Exámenes parciales teórico-conceptuales.
- c) Presentación, implementación y crítica de un modelo basado en un trabajo científico (Trabajo Final)

Las presentaciones de los resultados de los modelos estipulados en los trabajos prácticos estarán destinadas a acreditar la comprensión de los aspectos conceptuales vinculados a las implementaciones previstas en cada guía de trabajos prácticos (GTP). Estas presentaciones se realizan de forma oral minutos antes de finalizar el horario previsto para las clases de trabajos prácticos, o bien, la semana anterior a la finalización del cursado (en función de las posibilidades del alumno y del equipo de cátedra). Se pretende que ésta sea una instancia de evaluación formativa, por ello:

- Se produce un intercambio oral con el grupo de trabajo en su conjunto, debiendo cada integrante ser capaz de responder a las preguntas generales requeridas y a las relacionadas con su participación en el trabajo realizado.

Este intercambio está dirigido a que el alumno se cuestione y sea capaz de obtener conclusiones acerca de la estrategia de modelización empleada, el fenómeno biológico en estudio y la implementación del código de máquina respectivo.

- El grupo de trabajo deberá contar con las guías resueltas en forma completa con sus respectivos códigos comentados y funcionando correctamente.

De esta forma, dado que los alumnos deben resolver de una forma lo más autónoma posible los problemas planteados en la práctica, con las herramientas de software que crean conveniente y luego defendidos de forma grupal los resultados alcanzados, se entiende que se aporta a las competencias genéricas de la disciplina con un alto nivel de dominio.

Los exámenes parciales teórico-conceptuales se administrarán al finalizar cada uno de los dos grandes bloques temáticos incluidos en la asignatura. Esta instancia permite comprobar que el alumno comprende y es capaz de relacionar e integrar los conceptos teóricos discutidos, como así también de razonar y resolver problemas relacionados con los mismos.

Todos estos exámenes cuentan con al menos una pregunta abierta, desde el punto de vista que puede ser resuelta con cualquiera de las estrategias presentadas en el cursado y no posee una única forma de

resolución. Alrededor de esta pregunta se estructura la mayor parte del examen.

El examen se considerará aprobado cuando se hayan contestado satisfactoriamente el 60% de las preguntas formuladas, de otra forma, el alumno tendrá la posibilidad de recuperar. Para obtener la regularidad el alumno podrá recuperar como máximo uno de los dos exámenes parciales.

El Trabajo Final: este trabajo deberá ser acompañado por una búsqueda bibliográfica de antecedentes relacionados al trabajo científico seleccionado por el grupo de hasta tres alumnos e implementado a partir de las herramientas computacionales que se proveen durante el cursado.

La aprobación definitiva requerirá de una presentación oral de 20 minutos y una defensa de 5 minutos.

La temática y el alcance del trabajo científico motivador deben ser acordados con un miembro de la cátedra (tutor del Trabajo Final). Para facilitar el seguimiento y aprovechamiento de esta instancia se deberán cumplimentar al menos 3 encuentros (previstos en el cronograma del dictado de clases) con el personal de la cátedra y la calificación se definirá en la presentación final a través de una rúbrica. Esta la herramienta pedagógica apunta a proveer al alumno de otra instancia de evaluación formativa orientada no sólo a proveer herramientas (con su posterior evaluación guiada por una rúbrica) para adquirir las competencias específicas de la disciplina, sino también a las competencias genéricas de la misma.

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

Evaluación del Alumno libre:

Todo aquel alumno que cuente con las materias correlativas aprobadas, podrá rendir de forma libre la asignatura. Para ello, se solicita que en lo posible el alumno comunique a la cátedra con 15 días de anticipación su intención de rendir con esta modalidad.

Para aprobar la práctica de la materia, la cátedra prepara un examen que debe ser implementado en computadora y luego defendido ante la mesa examinadora en el correspondiente turno de examen. Si el alumno aprueba esta evaluación práctica entonces puede pasar a la evaluación teórica, donde será examinado de la misma forma que un alumno regular.

Evaluación del alumno regular:

Los exámenes finales serán preferentemente tomados de forma oral con apoyatura de pizarrón, aunque si el número de alumnos inscriptos en un llamado en particular supera los 16, el examen se efectuará de forma escrita, pero siguiendo los mismos lineamientos que el examen oral.

En el examen final se evaluarán los conceptos teóricos vinculados a los temas desarrollados durante el cursado, para los alumnos regulares, y todos aquellos que figuran en el programa analítico, para el caso de



los alumnos libres.

Se efectuarán un mínimo de dos preguntas conceptuales (una vinculada a cada eje temático) que el alumno deberá explicar y desarrollar en pizarrón.

La calificación se obtendrá como el promedio de las calificaciones de las respuestas a cada una de las preguntas formuladas al alumno.

**Condiciones de Regularidad :**

Alumno regular:

Para acceder a la condición de regularidad, el alumno deberá cumplir la totalidad de los siguientes requisitos:

- Asistir a al menos el 75 % de las clases teóricas y coloquios.
- Demostrar que ha llevado a cabo de forma correcta los trabajos prácticos que se encuentran en las Guías de Trabajos Prácticos de cada uno de los temas previstos en el cursado. Este requisito puede ser cumplido al final del horario semanal de clases de trabajos prácticos, o en las instancias que el grupo al que pertenece el alumno coordine con el Jefe de Trabajos Prácticos.
- Obtener un mínimo de 50/100 puntos en cada una de las evaluaciones parciales teórico-conceptuales. En caso de no haberlo logrado, el alumno tendrá derecho a recuperar los dos exámenes teórico-prácticos al final del cursado.
- Aprobar la implementación y presentación del trabajo final.

La asistencia a las clases de práctica no será requisito para acceder a la regularidad. La cátedra podrá llevar un control de la misma con fines de seguimiento interno y estadísticas.

Alumno promovido:

Logrará la condición de alumno promovido aquel que haya alcanzado los requisitos exigidos para la regularidad y que además haya cumplido con las siguientes condiciones:

- Haya obtenido un promedio de 80/100 puntos en los exámenes parciales teórico prácticos, con un mínimo de 60/100 puntos en cada uno de ellos.
- La implementación y presentación del trabajo final pueda ser calificada con nota igual o superior a Muy Bueno (ocho).



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

**Primer Examen Parcial:** 02 de Mayo de 2024

**Segundo Examen Parcial:** 13 de Junio de 2024

**Recuperatorio 01:** 13 de Junio de 2024

**Recuperatorio 02:** 27 de Junio de 2024

---

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

**Bibliografía Principal:**

No existe un único libro que cubra por completo los contenidos presentados y es por ello que se debe recurrir a varios títulos que cubren aspectos parciales y con ópticas y aplicaciones diferentes. Esto debe completarse con aplicaciones y ejemplos tomados de artículos de revistas especializadas ya sea del tipo tutorial o de investigación. Como se apuntó anteriormente, buena parte de la bibliografía está disponible en inglés, por lo cual es necesario que los alumnos posean una capacidad suficiente para la lectura y comprensión de textos en este idioma.

A continuación se presenta la lista de libros (todos disponibles en Biblioteca o en el Laboratorio de Cibernética):

- "Modeling Biological Systems. Principles and applications", J. Haefner, Springer, 2005.
- "Introduction to Modeling for Biosciences". David J. Barnes; Dominique Chu. Springer-Verlag London Limited 2010.
- "Modeling and simulation in medicine and the life sciences". 2nd.ed. HOPPENSTEADT, F.; PESKIN, C. Springer-Verlag., 2001.
- "Modeling dynamic biological systems". HANNON, B. Springer-Verlag, 1997.
- "Investigating biological systems using modeling: strategies and software". WASTNEY, M.; PATTERSON, B.; LINARES, O.; GREIF, P.; BOSTON, R. Academic Press, 1999.
- "Computer modeling and simulations of complex biological systems". IYENGAR, S. CRC Press, 1998.
- "Mathematical modeling". 2nd. Ed. MEERSCHAERT, M. Academic Press, 1999.
- "Modeling dynamic phenomena in molecular and cellular biology". SEGEL, L. Cambridge University Press, 1984.
- "Mathematics for dynamic modeling". BELTRAMI, E. Academic Press, 1987.
- "Foundations of mathematical biology". Vols. I y II. ROSEN, R. Academic Press, 1972.
- "Mathematical biology". 2nd. ed., corr. MURRAY, J. Springer-Verlag, 1993.
- "Mathematical biology I: an introduction". 3rd Ed. MURRAY, J. Springer-Verlag, 2001.
- "Modelling and control in biomedical systems: selected papers". COBELLI, C; MARIANI, L. Pergamon. 1989.
- "The mathematical modeling of metabolic and endocrine systems: model formulation, identification, and validation". COBELLI, C.; CARSON, E.; FINKELSTEIN, L. John Wiley & Sons, 1983.
- "The mathematics of diffusion". 2nd Ed. CRANK, J. Oxford University Press, 1993.
- "Mathematical methods in medicine: Part I: statistical and analytical techniques". INGRAM, D.; BLOCH, R. John Wiley & Sons, 1986.
- "Mathematical methods in medicine: Part II: applications in clinical specialities". INGRAM, D.; BLOCH, R. John Wiley & Sons, 1986.
- "Understanding nervous system: an engineering perspective". DEUTSCH, S.; DEUTSCH, A. IEEE Press,

1993.

- "Cellular automata machines: a new environment for modelling". TOFFOLI, T; MARGOLUS, N. MIT Press, 1987.
- "An Introduction to MultiAgent Systems". Michael Wooldridge, John Wiley and Sons LTD, 2002.
- "Mathematical modelling and computer simulation of biomechanical systems". ZINKOVSKY, A.; SHOLUHA, V.; IVANOV, A. World Scientific, 1996.
- "Mathematical physiology". KEENER, J.; SNEYD, J. Springer-Verlag, 1998.
- "Modeling with differential equations". BORRIE, M.; BURGHEES, D. Ellis-Horwood, 1982.
- "An introduction to mathematical modeling". BENDER, E. John Wiley & Sons, 1978.
- "Matemáticas para biólogos". HADELER, K. Reverté, 1982.
- "Dynamics of physical systems". CANNON, R. McGraw-Hill, 1967.

Repaso de señales y sistemas:

- "Introducción a las señales y los sistemas discretos", MILONE, RUFINER, ACEVEDO, DI PERSIA, TORRES, Eduner, 2006.
- "Señales y sistemas". 2ª Ed. en Español. OPPENHEIM, A.; WILLSKY, A.; NAWAB, S.; MATA HERNÁNDEZ, G.; SUÁREZ FERNÁNDEZ, A. Prentice-Hall Hispanoamericana, 1998.
- "The Fast Fourier Transform and its applications". BRIGHAM, E. Prentice Hall, 1988.

### **Bibliografía Complementaria:**

Los siguientes títulos pueden servir de apoyo complementario a los temas dictados:

- "Métodos Numéricos y Programación Fortran", McCracken-Dorn, Ed. Limusa, 1984.
- "Cálculo Numérico: Métodos y Aplicaciones", Carnahan- Luther-Wilkes, Ed. Rueda, 1979.
- "Fisiología", Berne-Levy, Editorial Médica Panamericana S.A. (1983)
- "Fisiología", Ewald E. Selkurt, Librería "El Ateneo" Editorial (1985)

Revistas Sugeridas: Publicaciones del IEEE (Transactions on Biomedical Engineering, Signal Processing, Neural Networks, Magazines), Medical & Biological Engineering & Computing, Medical Engineering & Physics, Mathematical Bioscience, Signal Processing, Revista de la Sociedad Argentina de Bioingeniería, Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica.

**Equipo de Cátedra:**

Profesor Responsable a cargo: Profesor Titular dedicación parcial: Mg. Bioing. Carlos Marcelo Pais

JTP dedicación parcial: Bioing. Emanuel Juarez

Las actividades de la cátedra tendrán los siguientes días y horarios:

- Clases Teóricas: jueves de 17:30 a 19:30 hs (C. Pais).
- Coloquios: jueves de 16:30 a 17:30 hs (C. Pais).
- Trabajos Prácticos: jueves de 8:00 a 11:00 hs (Emanuel Juarez)
- Consultas: Viernes de 16:30 a 17:30. Laboratorio ARSiPRe1 (C. Pais).

**Actividades de Investigación Gestión y Extensión:**

El dictado de la asignatura obliga al grupo docente a una continua actualización bibliográfica y metodológica debido a las características especiales de los temas tratados, su actualidad y novedad.

Los integrantes de la asignatura integran/dirigen proyectos de investigación relacionados con la materia, lo que favorece la realimentación de las experiencias recogidas hacia los alumnos y facilita el intercambio de ideas y la producción de material teórico/práctico para el cursado.

Los proyectos de investigación vigentes con participación de integrantes de la asignatura son los siguientes:

&#9679; COFECYT DETEM 2016-2022: Estimación de las políticas socio sanitarias óptimas de prevención de Dengue, Chikungunya y Zika para la ciudad de Paraná mediante técnicas innovadoras de modelado computacional. Disposición de elegibilidad DI-2017-87-APN-COFECYT MinCyT, Expediente 1528/16.

Director de Unidad Ejecutora: Mg. Bioing. Carlos Pais

&#9679; PID Novel UNER "Modelado y simulación de sistemas adaptativos complejos biológicos aplicado a la ingeniería de tejidos" dirigido por Bioing. José Oscar Angelini. Integrante docente externo: Bioing. Tomás Molas Ginenez. Colaborador: Mg. Bioing. Carlos Pais.

&#9679; PID 6213: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE UN SCAFFOLD BIOABSORBIBLE PARA REGENERACIÓN DE NERVIOS PERIFÉRICOS MEDIANTE MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL". Director: Dr. Iván Gareis, colaborador: Mg. Bioing. Carlos Pais.

&#9679; Tesis Doctoral de Carlos Pais: "Modelado epidemiológico basado en agentes para la toma de decisiones sanitarias.", para la mención Bioingeniería del DI-UNER, aprobado el 2/12/2021 por el Comité Académico del Doctorado en Ingeniería de la UNER.

---

**Requisitos de admisión para alumnos oyentes:**

Los alumnos oyentes podrán concurrir normalmente a todas las clases de la asignatura. En algunas de las actividades se dará prioridad a los alumnos regularmente anotados a la materia, especialmente en aquellas en que los recursos de la cátedra estén limitados. Por ejemplo, los alumnos oyentes podrán rendir parciales y ser evaluados en los trabajos prácticos, pero esta evaluación no tendrá ninguna validez a los fines de la aprobación de la materia. Estos alumnos deberán ajustarse a los tiempos y disponibilidades de los docentes.

---

**Infraestructura, equipamiento y recursos necesarios:**

Para que la cátedra pueda seguir llevando a cabo sus labores en docencia, extensión, investigación y gestión cuenta con un lugar físico propio donde se ubican las computadoras de la cátedra; acceso a Internet; a trabajos científicos, principalmente IEEE y Elsevier y al Cluster de nuestra Facultad. Hasta el momento se cuenta con espacios en la oficina 1, 2 y 3 en el Anexo I de nuestra Facultad, lugar compartido con otras cátedras y proyectos de investigación.

**Otros:**