



Doctorado en Ingeniería

Facultades de Cs. Agropecuarias; Cs. de la Alimentación e Ingeniería

Carrera: **Doctorado en Ingeniería**

Mención: **Común a las tres Menciones**

Curso de Posgrado: **Introducción al Modelado y Simulación**

Carga Horaria: **90 hs**

Docente/s a cargo: **Dres. Sebastián Ubal y Diego M. Campana**

Semestre: **2º - 2015**

Características del curso

1. **Carga horaria:** la cantidad de horas reloj: **90hs**
2. **Curso teórico-práctico:** curso que articula la modalidad del curso teórico con una actividad de la práctica con relación a la temática de estudio. Lo teórico y lo práctico se dan simultáneamente en forma interrelacionada.
3. **Carácter:** Curso del ciclo **Básico/Común**

Programa Analítico: fojas 2 a 3

Bibliografía: foja 4

Planificación del curso: fojas 5 a 7

Aprobado Resoluciones de Consejos Directivos:

Fecha:

Modificado/Anulado/ Res. Cs. Ds.:

Fecha:

Carece de validez sin la certificación del Director/a del Doctorado:



**Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación
Oro Verde-Concordia, E. R.
República Argentina**

PROGRAMA ANALÍTICO

Introducción

En la actualidad, el modelado y simulación constituye una herramienta fundamental para el desarrollo de tareas de investigación y desarrollo en prácticamente todas las disciplinas conocidas. Modelos que décadas atrás no podían ser resueltos debido a su complejidad, hoy son fácilmente abordados gracias a las múltiples herramientas computacionales disponibles.

No obstante, para formular adecuadamente los modelos se requiere no sólo un conocimiento básico del problema, sino también la capacidad de proponer hipótesis simplificadoras coherentes con los alcances predictivos que se pretenden del modelo.

En este curso se busca introducir al alumno en el proceso básico de construcción de un modelo y su solución. Para ello se introducirán conceptos básicos de simplificación, solución, verificación y validación, como también técnicas y herramientas clásicas para la representación y solución de modelos. Finalmente se mostrarán diferentes técnicas y abordajes de modelado, mediante su aplicación a un conjunto seleccionado de problemas de la Ingeniería.

PARTE I: GENERALIDADES DEL MODELADO Y SIMULACIÓN

Unidad 1: Introducción y conceptos básicos

Conceptos de sistemas y modelos. Utilización y limitaciones de los modelos. Tipos de modelos y criterios de clasificación. El proceso de modelado y etapas en la construcción de un modelo. Niveles de complejidad en el modelado; relación con la utilidad del modelo. Soluciones de modelos: soluciones analíticas exactas, aproximadas y numéricas. Verificación. Validación de los modelos y sus resultados.

PARTE II: REVISION DE CONCEPTOS

Unidad 2: Revisión de matemática aplicada

Ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) lineales de primer orden. EDO no lineales de primer orden. Sistemas de EDO de primer orden. EDO de orden superior. Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales (EDDP), problemas de valores de frontera. Clasificación de EDDP: ecuaciones elípticas, parabólicas e hiperbólicas. Teoría de Sturm – Liouville. Autovalores y autofunciones. Soluciones exactas de ecuaciones clásicas: ecuaciones de Laplace, de Poisson, del calor y de la onda.

Unidad 3: Revisión de métodos numéricos y su implementación computacional

Introducción y repaso de herramientas básicas para la implementación computacional de modelos. Matlab y toolbox asociadas; Octave y Python (bibliotecas de cálculo numérico y científico numpy, scipy, etc.)

Integración y derivación numérica. Solución de sistemas de ecuaciones algebraicas lineales. Métodos directos e iterativos. Solución de ecuaciones algebraicas no lineales. Método de Newton. Interpolación y aproximaciones. Mínimos cuadrados. Métodos de diferencias finitas para la resolución de EDO. Diferencias finitas en EDDP 1-D. Diferencias finitas en EDDP 2-D.

Unidad 4: Revisión de fenómenos de transporte

Modelos de la materia: modelos atómicos/moleculares. Hipótesis de medios continuos. Principios de conservación de masa, cantidad de movimiento y energía en sistemas. Formulación macroscópica y microscópica de los principios. Acoplamiento entre los transportes de masa, cantidad de movimiento, energía. Ejemplos: soluciones analíticas y numéricas de ecuaciones de problemas en fenómenos de transporte.

PARTE III: APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE MODELADO EN DIFERENTES PROBLEMAS

Unidad 5: Modelado del sistema cardio-vascular

Desarrollo del concepto de modelos por analogías y de parámetros concentrados (0D). Modelos espacio-temporales en una (1D), dos (2D) y tres dimensiones (3D). Acoplamiento entre modelos 0D y multidimensionales. Modelado de flujos estacionarios y transitorios. Interacción fluido-estructura vascular.

Unidad 6: Modelado del sistema renal y del proceso de hemodiálisis

Desarrollo y aplicación del concepto de modelos compartimentales y su aplicación en el transporte de sustancias. Modelos de flujo, cinéticos y de transporte de componentes. Balances y modelos de transporte en el sistema renal y en equipos de hemodiálisis.

Unidad 7: Modelado de juntas sinoviales (naturales y artificiales)

Desarrollo del concepto de análisis de órdenes de magnitud y análisis dimensional para la simplificación de ecuaciones. Aplicación en el modelado de fenómenos de lubricación. Modelos de lubricación elasto-hidrodinámica en juntas sinoviales y prótesis.

Unidad 8: Modelado de fenómenos capilares y dinámica interfacial. Problemas en mecánica pulmonar

Tensión superficial y fenómenos capilares. Equilibrio hidrostático. Modelos de lubricación y teoría de película delgada. Modelos de onda larga. Estabilidad de películas, puentes líquidos y estructuras pulmonares. Efecto de surfactantes.

PARTE IV

Presentaciones de ante-proyectos y desarrollo de contenidos específicos



**Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación
Oro Verde-Concordia, E. R.
República Argentina**

BIBLIOGRAFIA

- Haefner, J.W. Modeling biological systems: principles and applications, Second Edition, Springer Verlag. 2005.
- Chung, Chris. Simulation modeling handbook: a practical approach, CRC Press. 2004.
- Fenómenos de transporte. R. B. Bird, W. E. Stewart, E. N. Lightfoot. Ed. Reverté S. A. 2004.
- Zill, D. y Cullen, M. Ecuaciones diferenciales con problemas con valores en la frontera. Cengage Learning. 2009.
- Ottesen, J.T., Olufsen, M.S. and Larsen, J.K. Applied mathematical models in human physiology. Society for Industrial Mathematics. 2004.
- Murray, J.D. Mathematical biology: I. An introduction. Springer Verlag. 2002.
- Krabs, W. and Pickl, S.W. Modelling, analysis and optimization of biosystems. Springer Verlag. 2007.
- Misra, J.C. Biomathematics: Modelling and simulation. World Scientific. 2006.
- Li, J.K-J. Dynamics of the vascular system. World Scientific. 2004.
- Waite, L. Biofluid mechanics in cardiovascular systems. McGraw-Hill. 2006.
- Lynch, D.R. Numerical partial differential equations for environmental scientists and engineers: a first practical course. Springer Verlag. 2005.
- Fung, Y.C. Biomechanics: motion, flow, stress, and growth. Springer Verlag. 1990.
- Lightfoot, E.N. Transport phenomena and living systems: biomedical aspects of momentum and mass transport. John Wiley & Sons. 1973.
- P-G. de Gennes, F. Brochard-Wyart and D. Quéré. Capillarity and Wetting Phenomena. Drops, bubbles, pearls, waves. Springer. 2004.
- Berli, M. E, Campana, D. M., Ubal, S. and Di Paolo, J.. Lubrication model of a knee prosthesis, with non Newtonian fluids and porous rough material. Latin American Applied Research, 39, 105-111, 2009.
- Di Paolo, J., Campana D. M., Ubal S. y Berli, M. E. Flujos de lubricación en canales elásticos. Una experiencia didáctica en clases de Mecánica del Continuo para Bioingeniería. Anales del VI Congreso Argentino de Enseñanza en Ingeniería (VI CAEDI), Salta, Argentina, 2008.
- Di Paolo, J., Fresno Rodríguez, C., Uba, S., Berli, M. E. y Campana, D. M. Modelo simplificado de interacción entre flujo y paredes delgadas elásticas utilizando la ecuación de Laplace. Anales del I Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica (I CAIM), Bahía Blanca, Argentina, 2008.
- Otros artículos científicos y de divulgación seleccionados.
- Otro material de estudio, desarrollado y provisto por los docentes del curso.

Aclaración: Toda la bibliografía citada se encuentra disponible. Algunos volúmenes se encuentran en la biblioteca de la sede Oro Verde (FI-FCA-UNER) y el resto será provisto por los docentes del curso.



Facultades de Ingeniería, Ciencias Agropecuarias y
Ciencias de la Alimentación

Oro Verde-Concordia, E. R.

República Argentina

PLANIFICACIÓN DEL CURSO

Objetivos Generales:

Este curso, perteneciente al ciclo común de la carrera de Doctorado en Ingeniería de la UNER, busca brindar al alumno una introducción a la formulación de modelos y simulación. Se establecerán algunos procedimientos generales y metodologías que las mencionadas actividades involucran. Dada la enorme diversidad de herramientas disponibles para el modelado y simulación, los alcances del curso serán acotados por necesidad, aunque se intentará en lo posible que el mismo brinde al alumno los contenidos que puedan ser de mayor utilidad para las disciplinas en las cuales desarrollarán sus actividades de posgrado.

Objetivos Particulares:

Se espera que el alumno adquiera conocimientos básicos para:

- Seleccionar el tipo de modelo y su nivel de complejidad, en concordancia con la "calidad" de los resultados que se esperan del mismo y de la información disponible.
- Formular el modelo.
- Elegir la herramienta de simulación apropiada para el tipo de modelo elegido.
- Interpretar y analizar adecuadamente los resultados de un modelo, entendiendo la validez de los mismos en función de las hipótesis que se utilizaron para plantearlo.
- Verificar y validar correctamente el modelo formulado.

Metodología de Trabajo:

El curso posee una naturaleza teórico-práctica. Se prevén 2 encuentros semanales de 3 horas cada uno a lo largo de 10 semanas, totalizando 60 horas de clases presenciales, complementadas con 30 hs. nominales de trabajo no presencial.

Durante las primeras tres partes del curso, se prevé que el primer encuentro semanal esté destinado a la presentación de los contenidos teóricos de una unidad conceptual, y el segundo a la realización de actividades prácticas relacionadas, algunas de ellas a realizarse en computadora. Estos últimos encuentros serán utilizados también a modo de coloquio y de clase de consulta. Para la cuarta parte se cambiará el esquema, tal como se detalla más abajo.

La primera parte del curso estará destinada a la introducción de conceptos generales. En la segunda parte se revisarán algunas herramientas matemáticas, físicas y computacionales esenciales para el curso. En la tercera parte se mostrarán distintas técnicas de modelado y simulación, mediante el estudio de problemas y aplicaciones

concretas.

Aproximadamente en la mitad del cursado, el alumno deberá presentar un proyecto consistente en un problema concreto para modelar y simular, el cual consistirá en su trabajo final de aprobación del curso. Se pretende que el alumno proponga un problema relacionado con su actividad de posgrado o temática de Tesis. Como alternativa, los docentes ofrecerán también una lista de problemas alternativos para elegir. El proyecto elaborado deberá incluir una breve introducción, motivación y reseña de la problemática con sus antecedentes más relevantes. Luego deberá incluir un listado de las hipótesis simplificadoras, una descripción de la metodología propuesta para el modelado y de las técnicas para su solución y simulación. Este proyecto será evaluado por los docentes y deberá estar aprobado para su ejecución.

Luego, en la cuarta y última parte del curso, los alumnos realizarán breves presentaciones orales de sus anteproyectos, que tienen como objetivo generar instancias de discusión sobre la validez y alcance de las hipótesis simplificadoras realizadas en la construcción de los diferentes modelos. A partir de estas presentaciones, se podrán también planificar nuevas clases específicas de teoría y coloquio, para desarrollar contenidos específicos y dar apoyo al avance de cada proyecto.

Cronograma del Curso: El curso está propuesto para desarrollarse en diez (10) semanas de dictado durante el segundo cuatrimestre de 2015. Se dictarán dos (2) clases semanales de tres (3) horas reloj cada una.

El examen final, consistente en la presentación y defensa oral de los trabajos finales, se realizará en uno o dos encuentros adicionales; la fecha de estos encuentros se consensuará con los alumnos y será pactada antes del final del cuatrimestre.

El cronograma tentativo de dictado está resumido en el siguiente cuadro.

Unidad/Semana	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
U1										
U2										
U3										
U4										
U5										
U6										
U7										
U8										
Parte IV										

Referencias: UX = Unidad X; SI = Semana I

Conocimientos previos requeridos.

Los interesados en realizar este curso deberán tener conocimientos básicos de matemática (álgebra, cálculo, ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales), física (mecánica Newtoniana, fenómenos de transporte). Se requiere también un conocimiento a nivel intermedio de idioma inglés, debido a la bibliografía propuesta.

También será altamente recomendable, aunque no excluyente, poseer nociones de computación científica (programación en C, FORTRAN, Matlab, Python o similar, algoritmos, métodos numéricos).

Fecha tentativa de inicio del dictado y duración del Curso (en semanas). 08/09/2015, 10 semanas y al menos un encuentro más para el examen final.

Cupo de alumnos (cantidades mínima y máxima): Mínimo 5 (cinco). Sin máximo

Lugar: Facultad de Ingeniería de la UNER (Oro Verde, Entre Ríos)

Día(s) y horario(s) tentativo(s) de dictado: Martes y Jueves de 15:00 a 18:00 hs.

Fecha de Recuperatorio: A confirmar con los alumnos

Docentes responsables: Dres. Sebastián Ubal y Diego M. Campana

Docente(s) colaborador(es): Dres. José Di Paolo y Ernesto Klimovsky

Condiciones de Regularidad y Promoción:

Se requiere un mínimo del 75% de asistencia a las clases. Además se realizarán trabajos prácticos de carácter individual cuyos informes escritos deberán entregarse en plazos a establecer durante el cursado. Los mismos deberán ser aprobados en su totalidad con un mínimo de 60/100. Se prevé entregar al menos 4 (cuatro) guías de trabajos con esta modalidad, una por cada Unidad Temática de las primeras dos partes del curso. Por último, se realizará un trabajo final, también individual, cuya temática deberá ser acordada con los docentes. Se deberá entregar un informe escrito y realizar una defensa oral del mismo hacia el final del cursado en fecha a establecer. El trabajo final se aprobará también con un mínimo de 60/100.

La elección de la temática de trabajo final deberá ser presentada por los alumnos durante el desarrollo del cursado, mediante una planificación que será aprobada por los docentes del curso. Se prevé que esta planificación de presente, como máximo, aproximadamente a mitad del cursado. Luego el alumno presentará regularmente sus avances a los docentes del curso, quienes guiarán y orientarán el avance del trabajo.

Infraestructura necesaria:

Para el desarrollo de la parte teórica de la clase:

- Aula con pizarrón
- Computadora con software de oficina (tipo MS PowerPoint o similar), lector de archivos PDF y software de cálculo numérico y científico (Matlab, Octave, Python, etc.).
- Cañón de proyección

Para el desarrollo de la parte práctica de la clase:

- Aula, pizarrón
- Computadora con software de oficina (tipo MS PowerPoint o similar), lector de archivos PDF y software de cálculo numérico y científico (Python, Matlab, etc.).
- Computadora para cada alumno del curso, con el software indicado por los docentes (Python, Matlab, etc.).