

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Modelos de Simulación
Clave de la asignatura:	IHC-1022
SATCA¹:	2-2-4
Carrera:	Ingeniería Hidrológica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Hidrólogo los elementos necesarios para inducir el enfoque de sistemas, y con ello la destreza para la utilización y construcción de modelos de simulación, la cual aplicará como una herramienta para representar problemáticas complejas que fortalecerán el pensamiento crítico y su capacidad de toma de decisiones.

Aportación al perfil:

- Genera y aplica estrategias y tecnologías para el uso sustentable del agua.
- Evalúa las relaciones de causa efecto entre los factores ambientales, calidad del agua, contaminación de suelo, equilibrio ecológico y cambio climático que afecta a los sistemas hídricos para lograr la sustentabilidad.

Esta asignatura requiere de competencias previamente adquiridas en los programas de estadística, programación, meteorología y climatología, edafología, hidráulica y sistemas de información geográfica por lo que durante el proceso de aprendizaje serán reafirmadas.

Del mismo modo la asignatura aportara al estudiante herramientas que en semestres posteriores serán utilizadas en asignaturas como análisis hidrológico de sequias e inundaciones, manejo integrado de cuencas e hidrología urbana.

Intención didáctica

Para el logro de las competencias la asignatura se organiza en cuatro temas: a) El primer tema establece los fundamentos de la dinámica de sistemas, haciendo una revisión de lo sus antecedentes, el enfoque de sistemas como debemos establecer límites al sistema para poder estudiar un sistema dado; b) en el segundo hace una introducción a los modelos de simulación, revisando los conceptos utilizados en el área, así como su un interacción con la hidrología, al final se hace una clasificación de los tipos de modelos, haciendo énfasis de que los modelos a estudiar en la asignatura son los modelos dinámicos; c) en el tercer tema revisamos los conceptos, metodología para la construcción de modelos dinámicos, abordando el tema de retroalimentación así como la integración analítica y numérica, Para que el estudiante entienda las ventajas y desventajas de ambos métodos, y se ejemplifica construyendo un modelo de simulación simple ; d) El cuarto tema se enfoca a la construcción de modelos de simulación llevando a cabo la calibración, validación del modelo, su aplicación e interpretación de resultados, para la toma de decisiones.

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

Es necesario inducir al estudiante al desarrollo de modelos de simulación con aplicación práctica; se recomienda que el docente esté en contacto con instituciones que desarrollan y apliquen modelos dinámicos para disponer de ellos, así como de familiarizar al estudiante con las diversas áreas de aplicación.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; trabajo en equipo; asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis. En la elaboración de las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor oriente a sus estudiantes para que elijan las variables a controlar y registrar; fortaleciendo así la habilidad de planeación.

Para llevar a cabo la construcción de modelos de simulación el docente puede utilizar cualquiera de los distintos softwares que hay en el mercado, es importante señalar que el software se utilizara con propósitos educativos por lo que varios de ellos son distribuidos libremente y están disponibles para su descarga en la red con fines educativos.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Roque, del 6 al 8 de octubre de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Boca del Río, Chilpancingo, Ciudad Madero, Orizaba, Pachuca, Roque, Superior de Irapuato, Superior de Poza Rica, Altiplano de Tlaxcala, Toluca, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Hidrológica.
Instituto Tecnológico de Roque, del 6 al 9 de diciembre de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Boca del Río, Orizaba, Pachuca, Roque, Superior de Irapuato, Superior de Poza Rica, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Hidrológica.
Instituto Tecnológico de Roque, el 3 y 4 de noviembre de 2011.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Boca del Río, Orizaba y Roque.	Reunión de Trabajo para la Consolidación del Programa en Competencia de la Carrera de Ingeniería Hidrológica.

Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chilpancingo y Roque.	Reunión de Seguimiento Curricular del Programa en Competencia de la Carrera de Ingeniería Hidrológica.
---	---	--

4. Competencias a desarrollar

Competencias específicas de la asignatura
Aplica modelos de simulación dinámica utilizados en hidrología, a partir de registros climatológicos e hidrológicos para desarrollar escenarios involucrando diversas herramientas tecnológicas que permitan implementarlos como apoyo en la toma de decisiones sobre la predicción, investigación y manejo integrado del recurso hídrico.

5. Competencias previas

<p>Programación Identificar los fundamentos conceptuales de programación basados en estructuras, sentencias y expresiones en la solución de problemas mediante la creación de programas.</p> <p>Manejo de los SIG. Aplicar el software correspondiente en casos específicos para crear y manipular mapas.</p> <p>Hidrología superficial Analizar y explicar la importancia de la intercepción de agua de lluvia por la vegetación, su impacto ambiental y su relación con el balance hidrológico de la cuenca.</p> <p>Mecánica de suelo Determinar los límites de consistencia de los suelos.</p> <p>Métodos Numéricos Emplear los métodos numéricos en la diferenciación e integración para resolver problemas de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica.</p> <p>Técnicas estadísticas en hidrología. Análisis de frecuencias de eventos extremos en cuencas aforadas. Análisis regional hidrológico en cuencas con escasa o nula información</p> <p>Meteorología y Climatología . Analizar los factores y elementos del clima y comprender su importancia en la clasificación climática.</p>

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Fundamentos de la dinámica de sistemas	1.1. Antecedentes de la dinámica de sistemas. 1.2. Enfoque de sistemas. 1.3. Definiendo el límite del sistema, supuestos.

2	Introducción de Modelos de simulación	<p>1.1. Antecedentes de modelos de simulación</p> <p>1.1.1. Definición de los modelos de simulación.</p> <p>1.1.2. Importancia de los modelos de simulación.</p> <p>1.1.3. Interacción de los modelos de simulación con la hidrología.</p> <p>1.1.4. Clasificación de modelos de simulación (estáticos y dinámicos).</p>
3	Componentes y metodología para la construcción de modelos dinámicos	<p>2.1. Etapas en la construcción de modelos.</p> <p>2.3 Construcción de diagrama causa-efecto (Diagrama de influencias).</p> <p>2.2. Componentes de un sistema dinámico.</p> <p>2.2.1. Variables de estado.</p> <p>2.2.2. Tasas de flujo.</p> <p>2.2.3. Variables auxiliares.</p> <p>2.2.4. Variables exógenas.</p> <p>2.2.5. Constantes.</p> <p>2.2.6. Parámetros.</p> <p>2.2.7. Control del sistema.</p> <p>2.3. Ciclos de retroalimentación positiva y negativa.</p> <p>2.4. Integración analítica e Integración numérica.</p> <p>2.5. Software para la construcción de modelos de simulación dinámica.</p> <p>2.6. Herramientas para la construcción de modelos.</p> <p>2.7. Desarrollo de un modelo dinámico simple.</p>
4	Aplicación de modelos	<p>4.1. Límites del caso de estudio.</p> <p>4.2. Integración de base de datos registro meteorológicos e información hidrológica.</p> <p>4.3. Calibración del modelo.</p> <p>4.4. Aplicación del modelo, (Estudio de caso)</p> <p>4.5. Análisis y resultados del modelo.</p> <p>4.6. Validación del modelo.</p> <p>4.7. Usos de la dinámica de sistemas para la implementación de estrategias y soporte a la toma de decisiones</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Fundamentos de la dinámica de sistemas	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas: Adquiere los conceptos básicos de dinámica de sistemas para que el estudiante utilice el enfoque de sistemas.</p> <p>Genéricas: Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. Capacidad de comunicación oral y escrita</p>	<p>Averiguar los fundamentos de dinámica de sistemas, el enfoque de sistemas y su aplicación en la hidrología.</p> <p>Definición y exposición de información de la unidad, donde se traten ejemplos de permitan entender el enfoque de sistemas.</p>

Introducción de Modelos de simulación	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas: Adquiere los antecedentes, importancia, conceptos y clasificación de modelos de simulación, para que el estudiante tenga la capacidad de manejar el lenguaje utilizado dentro de esta área.</p> <p>Genéricas: Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. Comunicación oral y escrita</p>	<p>Averiguar los fundamentos antecedentes, e importancia de los modelos de simulación y su aplicación en la hidrología.</p> <p>Mesas de análisis y discusión de información de la unidad, donde se traten ejemplos de permitan entender la interacción de los modelos de simulación y la hidrología.</p> <p>Exponer la importancia y la aplicación de modelos de simulación dinámica.</p>
Componentes y metodología para la construcción de modelos dinámicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específicas: Utilizar software para la construcción de modelos de simulación.</p> <p>Genéricas: Habilidades de manejo de la computadora. Capacidad de análisis y síntesis Capacidad de organizar y planificar. Capacidad de aprender.</p>	<p>Identificar las herramientas de usuario del software.</p> <p>Recabar la información necesaria para la construcción de un modelo simple.</p> <p>Preparar un modelo de simulación simple aplicado.</p>
Aplicación de modelos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Aplicar los Modelos de Simulación utilizados en hidrología para evaluar escenarios de casos de estudio.</p> <p>Genéricas: Habilidades de manejo de la computadora. Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de organizar y planificar. Solución de problemas toma de decisiones</p>	<p>Buscar y seleccionar el modelo apropiado Conceptualizar el modelo para un caso dado.</p> <p>Describir la zona de estudio y sus límites Investigar historial de datos climáticas.</p> <p>Calibrar el modelo para su ajuste.</p> <p>Simular el modelo.</p> <p>Analizar resultados de la simulación del modelo.</p> <p>Validar y comparar resultados.</p>

8. Prácticas

- Investigar la normatividad existente para el uso y adaptación de modelos de simulación ya elaborados para realizar sobre estos ajustes y modificaciones.
- Implementar el desarrollo de modelos de simulación dinámica con aplicaciones hidrológicas.
- Adaptar y ajustar la estructura de los modelos de simulación ya existentes para mejorar su funcionamiento sobre las áreas de estudio.
- Visitar a las instituciones que cuentan con modelos de simulación para identificar, analizar y comprender los modelos utilizados (INIFAP, CNA, Comité Regional de Cuencas, entre otros).
- Identificar a través de internet todas las instituciones o medios que proporcionan información climática ó hidrológica.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

Se sugiere para la evaluación de la asignatura los siguientes puntos:

- Síntesis de temas como resultado de consulta en fuentes de información
- Elaboración de mapas conceptuales
- Ensayos sobre conceptos parte de alguno de los temas
- Reportes de prácticas y productos obtenidos.
- Problemarios.
- Exposición en clase.
- Actitud y participación en trabajos colaborativos.
- Realización de prototipos
- Carpeta de evidencias

Para verificar el nivel de alcance de las competencias del estudiante se recomienda utilizar:

- Listas de verificación

- Matrices de valoración
- Guías de observación
- Coevaluación y autoevaluación
- Evaluación teórico-práctica

11. Fuentes de información

1. Aracil, J. (1992). Introducción a la Dinámica de Sistemas. Madrid: Alianza
2. Aracil, J. Gordillo F. (1997) Dinámica de Sistemas. Madrid: Alianza.
3. Bertalanffy L.W. (1968) Teoría general de los sistemas. México: Fondo de cultura.
4. Bertalanffy L.W. (1981) Tendencias de la Teoría General de Sistemas. Madrid: Alianza
5. Bertalanffy L.W. (1982) Perspectivas en la Teoría General de Sistemas. Madrid: Alianza
6. Checkland, P. (1999). Systems Thinking, Systems Practice: A 30-Year Retrospective. NY: John Wiley and Sons.
7. Delgado Gutierrez, J.A. (2002) Análisis Sistémico: Su aplicación a las comunidades humanas. Madrid: Cie Dossat 2000.
8. Ferrari, T. J. (1978) Elements of system-dynamics simulation. Wageningen: Centro de Agricultura.
9. Forrester, J. W. (1969). Urban Dynamics. Norwalk, CT: Productivity Press.
10. Forrester, J. W. (1971). Principles of Systems. Norwalk, CT: Productivity Press.
11. Forrester, J. W. (1971). World Dynamics. Norwalk, CT: Productivity Press.
12. Forrester, J. W. (1975). Collected Papers of Jay W. Forrester. Norwalk, CT: Productivity Press.
13. García JM. (2003). Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas. Barcelona España.
14. Llavador C, F. (2000) Modelos matemáticos de sistemas acuáticos dinámicos. Publicaciones Universidad de Alicante.
15. López C. (2004) Introducción a la simulación de crecimiento y desarrollo de cultivos usando fortran simulation translator (fst) Primer congreso nacional de fenología agrícola y modelos de simulación aplicados a la agricultura Chapingo, México.
16. López C., Rojano A., Ramírez A., Bonilla E. Modelos matemáticos para crecimiento y desarrollo de cultivos. Conceptos y metodología. Postgrado de ingeniería agrícola y uso integral del agua, universidad autónoma Chapingo, México.
17. Martínez V. J. (1986). Conceptos básicos de modelos. Madrid: Alianza Editorial.
18. Meadows H. (1992) Más allá de los límites del Crecimiento. Madrid: Aguilar.
19. O'Connor J. McDermott I. (1998) Introducción al pensamiento sistémico. Barcelona: Urano.
20. Pulido, A. (1993) El empleo de los modelos en Economía. Modelos Económicos. Madrid: Pirámide.
21. Quijano C., J.A. Desarrollo de una metodología de modelos dinámicos con la participación de pequeños productores. Seminario científico presentado en el ciclo de seminarios 90-91 del CIFAP-Gto. 1991.
22. Rabbinge R, Ward S.A, Van Laar H.H. Simulation and systems management in crop protection. (1989) Monographs 32. Pudoc, Wageningen.
23. Roberts, E. B. (1981). Managerial Applications of System Dynamics. Norwalk, CT: Productivity Press.
24. Senge, P. (1999) La quinta disciplina en la práctica. Ed Granica. Barcelona
25. Senge, P. (2000) La danza del cambio. Madrid: Gestión 2000.
26. Sheel Mayenberger, C. (1998) Modelización de la Dinámica de los Ecosistemas. México: Trillas. México

27. Sterman, J. D. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. NY: McGraw-Hill Higher Education.
28. Von Bertalanffy, L. (1998). General Systems Theory: Foundations, Development, Applications. NY: George Braziller, Inc.