

## 1. Datos Generales de la asignatura

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Nombre de la asignatura:</b> | Simulación de Sistemas de Energías Renovables |
| <b>Clave de la asignatura:</b>  | ERC-1027                                      |
| <b>SATCA<sup>1</sup>:</b>       | 2-2-4   |
| <b>Carrera:</b>                 | Ingeniería en Energías Renovables             |

## 2. Presentación

### Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil profesional del Ingeniero en Energías Renovables la capacidad de modelar los equipos y procesos seleccionados en clase, desarrollar módulos de simulación e integrarlos en la construcción de un simulador particular; así como, propiciar la discusión e interpretación de los resultados obtenidos con el uso de algunos simuladores comerciales para diseñar, seleccionar, operar, optimizar y controlar sistemas de energías renovables en el sector industrial y de servicios, con tecnologías limpias de acuerdo a las normas de higiene y seguridad, de manera sustentable.

Esta asignatura es de carácter integrador, razón por la que se encuentra ubicada en el séptimo semestre, ya que hace uso de las competencias adquiridas en materias como programación, termodinámica, transferencia de calor, energía eólica, sistemas solares fotovoltaico y térmicos, ecuaciones diferenciales y biocombustibles, que en conjunto permiten plantear ecuaciones mediante la ejecución de algún código para simular el comportamiento de un sistema de energía. La competencia desarrollada en esta asignatura permitirá trabajar a la par con formulación y evaluación de proyectos y gestión de empresas de energías renovables para realizar simular la producción de energía de un sistema o proyectar los costos del mismo y definir la factibilidad del proyecto.

En general, esta asignatura proporciona al Ingeniero en Energías Renovables en formación la capacidad de utilizar herramientas para la construcción de modelos que representen y predigan desde las propiedades de sustancias hasta la operación de sistemas completos, permitiendo así un análisis y optimización de los mismos.

### Intención didáctica

El temario del curso se ha organizado en 3 temas:

El tema 1 aborda conceptos fundamentales de programación que se cubrieron en materias de ciencias de la ingeniería e ingeniería aplicada, retomando fundamentos básicos, para propiciar en el estudiante una visión de conjunto que le permita construir un modelo matemático de algún proceso en específico

El tema 2 incorpora la programación de módulos para la elaboración de simuladores de

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

procesos integrando los fundamentos vistos en el tema 1 anterior al establecer los modelos de equipos individuales, de intercambiadores de calor, bombas, mezcladores, generadores de vapor, turbinas, ductos, tuberías, compresores, evaporadores, condensadores, tanques de almacenamiento, etc.; y a la vez se presentan algoritmos de solución de los modelos y las estrategias de solución numérica.

Finalmente, el tema 3 incluye la utilización de simuladores comerciales para la representación, análisis y operación de equipos de proceso. Se hace uso de un simulador comercial (Aspen Plus, Hysys) que permita aplicar los conceptos de simulación anteriormente estudiados dirigiéndolos a casos de estudio de diseño, análisis y optimización de procesos. La naturaleza de este tema permite con mayor facilidad la representación de sistemas complejos, esto permite analizar el efecto de una o más variables sobre el proceso en estudio. Se consideran los cálculos de las principales propiedades termodinámicas, necesarias en la solución numérica de los modelos, a través del módulo de propiedades termodinámicas y se incluye la explicación del análisis y la interpretación de los resultados numéricos obtenidos.

Se sugiere asimismo, una actividad integradora: la construcción de un simulador particular, utilizando los módulos desarrollados en clase, se considera como condición necesaria que estudiantes muestren habilidad en el uso de algún lenguaje de programación específico (Fortran, Matlab, C, C++, etc) logrando una competencia dirigida y relacionada directamente con el ámbito laboral.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la construcción de modelos de equipos o procesos así como su solución a través de la aplicación de los fundamentos de ingeniería y métodos numéricos.

En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el docente busque sólo guiar a sus estudiantes para que ellos establezcan los modelos de los equipos o procesos en estudio y seleccionen el método numérico que le permita solucionar el modelo en estudio.

Se sugieren utilizar actividades de aprendizaje diversificadas para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje y el consecuente desarrollo de las competencias correspondientes. Algunas de las actividades de aprendizaje pueden hacerse como actividad extra clase y en clase realizar una discusión de resultados, permitiendo que el estudiante tenga contacto con el concepto en forma concreta y que sea a través de la reflexión, el análisis y la discusión que se logre el conocimiento, la resolución de problemas.

En la realización de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar los trabajos que lleva a cabo y a entender que está construyendo su hacer profesional, que debe apreciar la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo, desarrollar la curiosidad, la puntualidad, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía en la toma de decisiones.

Es necesario que el docente ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

| Lugar y fecha de elaboración o revisión  | Participantes  | Evento   |
|--|--|--|
| <p>Instituto Tecnológico Superior de Puerto Vallarta del 10 al 14 de agosto de 2009.</p> | <p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, Chihuahua II, Chilpancingo, Durango, La Laguna, La Piedad, León, Mexicali, Milpa Alta, Minatitlán, Orizaba, Saltillo, Toluca, Veracruz y Villahermosa.</p> | <p>Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Ingeniería en Energías Renovables, Ingeniería Petrolera y Gastronomía.</p> |
| <p>Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de mayo de 2010.</p>               | <p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, La Laguna, León, Mexicali, Milpa Alta, Minatitlán, Toluca, Veracruz y Villahermosa.</p>  | <p>Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Geociencias, Ingeniería en Energías Renovables, Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, y Gastronomía.</p>                          |
| <p>Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, del 24 al 27 de junio de 2013.</p>             | <p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cd. Victoria, Cintalapa, Huichapan, Mexicali, Motúl, Progreso y Tequila.</p>  | <p>Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las Carreras de Ingeniería en Energías Renovables, Ingenierías en Geociencias, Ingeniería en Materiales y Licenciatura en Biología del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.</p>                                       |
| <p>Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.</p>                 | <p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Progreso.</p>   | <p>Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.</p>   |

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

| Competencia(s) específica(s) de la asignatura   |
|---|
| Construye y analiza los modelos de simulación para su aplicación en dispositivos y procesos que permitan la optimización de los sistemas de energía renovable |

#### 5. Competencias previas

|   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementa mediante el uso de estructuras de control, bibliotecas, funciones, arreglos y archivos programas que permitan una solución rápida a problemas donde intervienen los sistemas renovables de energía.</li> <li>• Determina la radiación solar incidente sobre una superficie orientada desde el punto de vista analítico y experimental, utilizando modelos matemáticos y la instrumentación adecuada para conocer el potencial solar.</li> <li>• Interpreta los parámetros y características de la captación de la energía solar térmica, así como las leyes fundamentales de la radiación solar térmica para su aplicación en sistemas reales.</li> <li>• Interpreta y analiza las variables aerodinámicas involucradas en las turbinas eólicas para calcular la potencia de generación de la turbina de acuerdo su diseño aerodinámico.</li> <li>• Comprende los procesos de conversión (químicos, físicos y biológicos) presentes en la transformación de la biomasa para la obtención de biocombustibles.</li> <li>• Aplica, interpreta y evalúa las leyes de transferencia de calor para analizar sistemas de energías renovables donde los mecanismos de transferencia de calor son necesarios para mejorar el diseño y funcionamiento de éstos.</li> <li>• Aplica la primera ley de la Termodinámica para el análisis y evaluación de la energía en dispositivos y equipos que se comportan como sistemas cerrados o abiertos.</li> </ul> |
|---|

#### 6. Temario

| No. | Temas                     | Subtemas   |
|-----|---------------------------|--|
| 1   | Fundamentos de Simulación | 1.1. Conceptos básicos<br>1.2. Balances simples<br>1.3. Balances simultáneos de masa y calor<br>1.4. Algoritmos de solución de modelos en ingeniería : método modular-secuencial y método orientado a ecuaciones                 |
| 2   | Simulación Modular        | 2.1. Desarrollo de módulos de simulación para solución de modelos en sistemas involucrados con las fuentes renovables de energía.<br>2.2. Construir un modelo utilizando los módulos vistos<br>2.3. Interpretación de resultados |

|   |                      |   |
|---|----------------------|---|
| 3 | Simulación Comercial | <p>3.1. Manejo de un simulador comercial</p> <p>3.2 Solución de casos de estudio de diseño, análisis y optimización de procesos en sistemas involucrados con las fuentes renovables de energía.</p> <p>3.3 Interpretación de resultados</p> |
|---|----------------------|---|

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

| <b>Fundamentos de Simulación</b>  |   |
|---|---|
| Competencias  | Actividades de aprendizaje  |
| <p><b>Específica(s):</b></p> <p>Aplica los conceptos básicos de simulación para desarrollar y modelar sistemas de balance de materia y energía simples y combinados, así como procesos térmicos en estado estable.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <p>Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</p> <p>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar en grupos sobre los fundamentos y la utilidad de la simulación.</li> <li>• Investigar los distintos modelos matemáticos; desde una ecuación algebraica de una variable, hasta sistemas de ecuaciones diferenciales parciales.</li> <li>• Realizar balances de masa y energía, así como aplicar los principios termodinámicos necesarios para establecer el modelo de un proceso o de un sistema o equipos.</li> <li>• Investigar los métodos de solución de los distintos modelos matemáticos, simbólicos, por series y numéricos.</li> <li>• Identificar que método de solución de modelos matemáticos es el más adecuado para resolver los modelos de ingeniería desarrollados previamente.</li> <li>• Investigar los métodos modulares secuenciales y orientados a ecuaciones</li> <li>• Construir una lista de ventajas y otra de desventajas del método modular secuencial y repetir ese ejercicio con el método orientado a ecuaciones</li> </ul> |
| <b>Simulación Modular</b>   |   |
| Competencias  | Actividades de aprendizaje  |
| <p><b>Específica(s):</b></p> <p>Desarrolla y utiliza módulos de simulación para su aplicación en sistemas térmicos y de</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar cual es la estructura de los simuladores modulares.</li> <li>• Desarrollar módulos de simulación para</li> </ul>  |

|  |   |
|--|---|
| <p>fluidos en estado estable y dinámico, analizando variables que permiten interpretar el comportamiento de los mismos.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <p>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</p> <p>Habilidad para trabajar en forma autónoma.</p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</p> | <p>diferentes procesos térmicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un módulo de simulación para el cálculo de propiedades termodinámicas de las sustancias.</li> <li>• Unir los módulos para construir un simulador de un proceso en estado estable.</li> <li>• Resolver un problema de diseño en estado estable con el simulador construido</li> <li>• Aplicar el simulador en condiciones de operación para discriminar resultados.</li> <li>• Interpretar los resultados obtenidos en la solución de los problemas anteriores.</li> <li>• Unir los módulos para construir un simulador de un proceso simple en estado dinámico.</li> <li>• Resolver un problema de diseño simple en estado dinámico con el simulador construido. .</li> </ul> |
|--|---|

**Simulación Comercial**

| Competencias  | Actividades de aprendizaje  |
|---|---|
| <p><b>Específica(s):</b></p> <p>Opera un simulador comercial para dar soluciones y predecir el comportamiento de sistemas de energía renovable en condiciones de operación reales.</p> <p><b>Genéricas:</b></p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</p> <p>Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.</p> <p>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer una investigación bibliográfica y en internet, de los distintos simuladores comerciales existentes, su estructura y sus aplicaciones.</li> <li>• Revisar manuales de usuario del simulador comercial.</li> <li>• Resolver con un simulador comercial los modelos matemáticos anteriormente resueltos con los módulos desarrollados.</li> <li>• Usar un simulador comercial para el análisis energético de procesos específicos.</li> <li>• Hacer una investigación bibliográfica de distintos sistemas y equipos que se puedan simular con un simulador comercial.</li> <li>• Representar un esquema térmico de un sistema relacionado con las fuentes renovables de energía con un simulador comercial.</li> <li>• Hacer estudios de sensibilidad y optimización de un esquema térmico de un sistema relacionado con las fuentes</li> </ul> |

|  |   |
|--|---|
|  | renovables de energía mediante el uso de un simulador comercial e interpretar los resultados. |
|--|---|

## 8. Práctica(s)

### Programación de simuladores:

1. Representación del flujo en cambiadores de calor de diferentes tipos.
2. Solución ecuaciones lineales de balances de materia y balances de energía.
3. Ajuste datos experimentales sobre radiación y seguimiento solar.
4. Determinación de propiedades termodinámicas de gases y líquidos mezclados biocombustibles.
5. Determinación de propiedades de transporte: viscosidad, coeficientes de transferencia de calor.
6. Representación de equipos de los procesos térmicos.
7. Representación de procesos con diversos equipos.

### Operación de simuladores:

8. Predicción y determinación de propiedades de sustancias, biocombustibles puras y mezcladas en diferentes estados de agregación utilizando simuladores.
9. Simulación de una red de ductos, tuberías, bombas, accesorios, válvulas, etc.
10. Simulación de un proceso que integre diversas operaciones de intercambio de calor, intercambiadores de calor, evaporadores, condensadores, torres de enfriamiento, etc.
11. Simulación de un proceso real, es decir, elaborar una simulación a partir de lecturas obtenidas de un equipo que se encuentre en operación estable.
12. Simular una planta de obtención y utilización de biogás.
13. Simular la combustión de biomasa( bagazo, desechos orgánicos, etc)
14. Simular la combustión combinada de hidrógeno y otros biocombustibles y biodiesel.
15. Simular una planta de producción combinada de energía eléctrica y calor utilizando fuentes renovables de energía.
16. Simular un sistema de refrigeración utilizando fuentes renovables de energía.
17. Simular un sistema solar térmico.
18. Simular un sistema de refrigeración utilizando fuentes renovables de energía.
19. Simular un sistema que utilice máquinas térmicas e hidráulicas utilizando fuentes renovables de energía.

## 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

Evaluación de las prácticas realizadas.

Evaluación de programas ejecutados

Solución de problemas con simuladores comerciales

Observación del desempeño del estudiante durante la realización trabajos e investigaciones.

Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades de solución de problemas prácticos, así como, las conclusiones obtenidas

Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.

Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.

Reportes escritos de las prácticas.

Elaborar un proyecto final en equipo, empleando un simulador comercial y siguiendo toda la secuencia desarrollada de análisis, optimización y elaboración de reporte técnico.

## 11. Fuentes de información

1. Software Matlab. MathWorks. (2013). Obtenido de [www.mathWorks.com/products/matlab](http://www.mathWorks.com/products/matlab).
2. Software Retscreen (2013) *Retscreen 4 y Retscreen Plus*. Canada: doi: <http://www.retscreen.net/es/home.php>
3. Duffie, J.A. & Beckman, W.A (2013) *Solar Engineering of Thermal Processes*. USA: Wiley
4. Goswami, D.Y., Kreith, F. & Kreider, J. (2000) *Principles of Solar Engineering*. USA: Taylor & Francis
5. ASHRAE. *Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors*: ANSI/ASHRAE 93-1986. USA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
6. Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N. & Bossanyi, E. (2001). *Wind energy handbook*. West
7. Drapcho, C., Nghiem, J. & Walker, T. (2008) *Biofuels Engineering Process Technology*. McGrawHill
8. Cengel Y. A. (2011) *Transferencia de calor y masa*. México. Mc Graw-Hill
9. Gipe, Paul. (2009). *Wind Energy Basics Revised*. Vermont: Chelsea Green Publishing.
10. Cengel A. y Boles, M.A. (2012) *Termodinámica*, sexta edición Editorial Mc Graw-Hill, México.
11. Manwell, James F., McGowan, Jon G. & Rogers, A. L. (2009). *Wind Energy Explained*. Indiana: Wiley Publishing.