


Revisión 03	FORMATO PROGRAMA DE ESTUDIO DE ASIGNATURA DE ESPECIALIDAD	
ITGAM-AC-007-02		
Página 1 de 13		


1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Sostenibilidad y Producción de Biocombustibles.
Clave de la asignatura:	TID-2403
SATCA¹:	2-3-5
Carrera:	Ingeniería Ambiental

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>El programa de la asignatura de Sostenibilidad y Producción de Biocombustibles está diseñado para contribuir en la formación integral de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental del ITGAM, en el cual se busca desarrollar las competencias de análisis y trabajo en equipo. Para ello es necesario reconocer la actual dependencia mundial de los hidrocarburos para la producción de combustibles fósiles, lo cual conlleva problemas ambientales, y por lo tanto, exige brindar soluciones sostenibles hacia la producción de biocombustibles con base a los lineamientos de la transición energética. La formación de recursos humanos especializados es fundamental para que los egresados de la carrera de Ingeniería Ambiental puedan aportar soluciones sostenibles y de valor. El ingeniero ambiental dentro de sus capacidades observa, propone, diseña y plasma proyectos que satisfagan las necesidades energéticas actuales sin comprometer los recursos de generaciones futuras. La asignatura revisa de manera meticulosa la importancia de los biocombustibles como fuente de recursos energéticos para proveer a la industria y las comunidades proyectos de alto valor.</p> <p>La asignatura consiste en cuatro bloques que permiten identificar de manera clara y objetiva el rol de la sostenibilidad en la producción de biocombustibles, ya que los biocombustibles pueden obtenerse a partir de biomásas de segunda, tercera y cuarta generación sin comprometer a las biomásas de primera generación (consumo humano); así como de materiales reciclados, en particular de los residuos plásticos.</p> <p>Es necesario que el estudiante, futuro "Ingeniero Ambiental" tenga bases sólidas en microbiología, bioquímica, cinética química, termodinámica e ingeniería para un mayor dominio del tema, lo cual le permitirá relacionar otras asignaturas con los procesos bioquímicos y termoquímicos, y de esta forma desarrollar proyectos sostenibles integrados.</p>
Intención didáctica
<p>En el primer tema "Sostenibilidad Ambiental", el alumno identifica y relaciona los sistemas ambientales y a la sostenibilidad como un recurso que permite cuantificar y cualificar las variables que pueden beneficiar o perjudicar el proyecto a ejecutar.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

Revisión 03	FORMATO PROGRAMA DE ESTUDIO DE ASIGNATURA DE ESPECIALIDAD	
ITGAM-AC-007-02		
Página 2 de 13		

El segundo tema “Biocombustibles”, corresponde a la identificación de diferentes biocombustibles que se pueden obtener a partir de procesos termoquímicos y bioquímicos. Para ello se exponen las principales diferencias de estos procesos y distintos tipos de materia prima para la producción de biocombustibles, por ejemplo, biomasas y residuos plásticos.


El tercer tema “Obtención de biocombustibles a partir de procesos bioquímicos y químicos” se enfoca en los procesos de glucólisis, metanogénesis, transesterificación, hidrogenación, entre otros posibles, con un enfoque de aportación a los proyectos actuales en México y a nivel mundial.

En el cuarto tema “Obtención de biocombustibles a partir de procesos termoquímicos”, se identifican procesos termoquímicos por medio de un análisis térmico para la obtención de biocombustibles a partir de procesos de pirólisis, gasificación, licuefacción térmica y combustión; haciendo énfasis en la cinética química y termodinámica del proceso.

Las prácticas buscan reforzar las explicaciones en clase y conllevan una formación científica, de ingeniería de procesos y de desarrollo de proyectos, con miras a la aplicación real en campo.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Gustavo A Madero. Ciudad de México. 15 al 19 de enero de 2024	Docentes de la academia de Ing. Ambiental: Dante Camarillo Ravelo Erika Grisell Escalante Martínez Horacio Octavio García Arriaga Marilú González Fernández Eduardo Morales Avilés Sofía Ochoa López Oscar Piña Maldonado Greys Vega Flores	Elaboración y actualización de materias de especialidad del Departamento de Ingenierías

Revisión 03	FORMATO PROGRAMA DE ESTUDIO DE ASIGNATURA DE ESPECIALIDAD	
ITGAM-AC-007-02		
Página 3 de 13		

4. Competencia(s) a desarrollar


Competencia(s) específica(s) de la asignatura
El participante identificará, desarrollará, implementará y obtendrá los conocimientos necesarios para la obtención de biocombustibles (líquidos, sólidos y gaseosos) que podrán satisfacer las necesidades actuales del mercado, con base a los requerimientos de ingeniería básica adquiridos para el desarrollo y aplicación de procesos sostenibles.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Conoce y aplica la legislación ambiental vigente en materia de biocombustibles. • Identifica las principales rutas metabólicas para la obtención de alcoholes. • Identifica y reconoce a la microbiología como proceso fundamental en procesos anaerobios y aerobios. • Identifica y clasifica a los residuos como productos valorizables. • Realiza y desarrolla balances de materia y energía. • Reconoce las leyes de la termodinámica. • Identifica los procesos de transferencia de calor y masa. • Reconoce a la estadística para el análisis de datos. • Emplea hojas de cálculo para la solución de problemas.
--

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Sostenibilidad Ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> 1.1. Cambio climático. <ul style="list-style-type: none"> 1.1.1. Impacto ambiental y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. 1.2. Transición energética. 1.3. Sostenibilidad y sustentabilidad. <ul style="list-style-type: none"> 1.3.1. Definiciones y principales diferencias. 1.3.2. Criterios de sostenibilidad. 1.4. Descarbonización, acuerdo de París y Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. 1.5. Análisis ciclo de vida. <ul style="list-style-type: none"> 1.5.1. ¿Qué es un ACV y para qué sirve? 1.5.2. Normas. 1.5.3. Etapas de un ACV. 1.5.4. Metodologías. 1.5.5. Objetivos y alcance. 1.6. Fuentes de energía renovables. <ul style="list-style-type: none"> 1.6.1. Solar. 1.6.2. Eólica. 1.6.3. Geotérmica. 1.6.4. Marítima. 1.6.5. Biomasa. 1.7. Legislación ambiental actual en materia de biocombustibles.

Revisión 03	FORMATO PROGRAMA DE ESTUDIO DE ASIGNATURA DE ESPECIALIDAD	
ITGAM-AC-007-02		
Página 5 de 13		

2	Biocombustibles.	<p>2.1 Biomasa</p> <p>2.1.1 Definición</p> <p>2.1.2 Fuentes de materia prima para biocombustibles.</p> <p>2.1.3 Disponibilidad de biomasa en México y el mundo.</p> <p>2.1.4 Biomasa: primera, segunda, tercera y cuarta generación.</p> <p>2.1.5 Componentes generales estructurales de la biomasa.</p> <p>2.2 Residuos plásticos.</p> <p>2.2.1 Panorama actual de residuos plásticos en México.</p> <p>2.2.2 Tipos de residuos plásticos.</p> <p>2.2.3 Volumen y generación.</p> <p>2.2.4 Problemática actual de los residuos.</p> <p>2.3 Biocombustibles</p> <p>2.3.1 Definición.</p> <p>2.3.2 Origen de los biocombustibles.</p> <p>2.3.3 Clasificación de biocombustibles.</p> <p>2.3.3.1 Líquidos.</p> <p>2.3.3.2 Gases no condensables.</p> <p>2.3.3.3 Sólidos.</p> <p>2.3.4 Uso de los biocombustibles.</p> <p>2.3.5 Ventajas y desventajas de los biocombustibles vs combustibles fósiles.</p> <p>2.3.6 Impacto de los biocombustibles en la biodiversidad y los ecosistemas.</p> <p>2.3.7 Aspectos económicos y sociales de la producción de biocombustibles.</p> <p>2.3.8 Sostenibilidad en la Producción de biocombustibles.</p>
3	Obtención de biocombustibles a partir de procesos bioquímicos y químicos.	<p>3.1. Procesos Termoquímicos y Bioquímicos.</p> <p>3.1.1 Definiciones.</p> <p>3.1.2 Principales diferencias.</p> <p>3.2 Valorización de la biomasa y residuos plásticos.</p> <p>3.3. Biocombustibles a partir de procesos bioquímicos y químicos.</p>

		<p>3.3.1. Fermentación. Bioetanol y Biometanol.</p> <p>3.3.2. Digestión anaerobia. Biogás y Biometano.</p> <p>3.3.2.1. Proyecto Biodigestión CDMX.</p> <p>3.3.3 Cultivo de microalgas. Biodiésel.</p> <p>3.3.3.1 Transesterificación. Biodiésel.</p> <p>3.3.4. Hidrogenación. Diésel verde, bioaceites.</p> <p>3.3.5. Biopropano.</p> <p>3.4. Proyectos actuales a nivel mundial.</p>
4	Obtención de biocombustibles a partir de procesos termoquímicos.	<p>4.1. Pirólisis.</p> <p>4.1.1. Definición.</p> <p>4.1.2. Tipos de pirólisis.</p> <p>4.1.3. Variables de operación.</p> <p>4.1.4. Reactores pirolíticos.</p> <p>4.1.5. Productos pirolíticos</p> <p>4.1.6. Biocombustibles de alto interés: biopropano e hidrógeno.</p> <p>4.1.7. Bioproductos: aldehídos, cetonas, ésteres, ácidos carboxílicos, entre otros.</p> <p>4.2. Gasificación.</p> <p>4.2.1. Definición</p> <p>4.2.2. Proceso Fisher-Tropsch.</p> <p>4.2.3. Materias primas.</p> <p>4.2.4. Productos obtenidos: syngas y energía.</p> <p>4.3. Licuefacción térmica.</p> <p>4.3.1. Definición.</p> <p>4.3.2. Tipos de procesos referentes a licuefacción.</p> <p>4.3.3. Productos de licuefacción.</p> <p>4.3.4. Proyecto Carbonización CDMX.</p> <p>4.4. Combustión.</p> <p>4.4.1. Definición.</p> <p>4.4.2. Tipo de materia prima.</p> <p>4.4.3. Características de la combustión.</p> <p>4.4.4. Producción de energía y calor.</p> <p>4.4.5. Proyecto de Termovalorización CDMX.</p> <p>4.5. Proyectos de trigeneración a partir de procesos térmicos.</p>


		<p>4.6. Investigación y desarrollo en biocombustibles avanzados.</p> <p>4.7. Integración con otras fuentes de energía renovable.</p> <p>4.8. Desafíos y oportunidades para un futuro más sostenible.</p>
--	--	--

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Sostenibilidad Ambiental	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relaciona e identifica los conocimientos previos referentes a la sostenibilidad ambiental para el desarrollo de nuevos proyectos para la obtención de biocombustibles. • Aplica diversos criterios hacia procesos de descarbonización. • Identifica los diferentes tipos de energías renovables. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propicia actividades grupales que fomentan el intercambio de ideas a partir de la integración de datos y su análisis para promover mesas de debate enfocados a la toma de decisiones asertivas. • Elaboración de reportes, ensayos e informes técnicos en donde se ponderará el contenido de la información, redacción y ortografía, así como las fuentes de información. 	<ul style="list-style-type: none"> • Propiciar las actividades de búsqueda, selección y análisis de información en donde el participante identifica y conceptualiza la diferencia entre procesos sostenibles y sustentables, • Propiciar el uso de la inteligencia artificial en el desarrollo de cambio climático y sus consecuencias hacia el ambiente. • Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, reflexión, e integración de la información con base al análisis del ciclo de vida. • Realizar actividades para promover el desarrollo y la identificación de las energías renovables como tema prioritario en cuanto a biocombustibles.

2. Biocombustibles	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifica las principales fuentes (materias primas) en la producción de biocombustibles, propiciando un análisis detallado de la estructura química de la biomasa y residuos plásticos. • Desarrolla habilidades para diferenciar y categorizar a los biocombustibles en primera, segunda, tercera y cuarta generación. • Integra datos para identificar biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propicia actividades grupales que fomentan el intercambio de ideas a partir de la integración de datos y su análisis para promover mesas de debate enfocados a la toma de decisiones asertivas. • Elaboración de reportes, ensayos e informes técnicos en donde se ponderará el contenido de la información, redacción y ortografía, así como las fuentes de información. 	<ul style="list-style-type: none"> • Propiciar la búsqueda, selección y análisis de diferentes tipos de materiales para la obtención de biocombustibles. • Lleva a cabo la identificación de materiales lignocelulósicos residuales. • Propiciar en el estudiante el desarrollo de actividades de análisis crítico, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis y trabajo en equipo. • Dar seguimiento a las principales variables de operación en la producción de biocombustibles. • Realizar el diseño de un biodigestor anaerobio. • Propiciar la construcción de un biodigestor anaerobio.


3. Obtención de biocombustibles a partir de procesos bioquímicos y químicos.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar los principales procesos bioquímicos y químicos para la obtención de biocombustibles. • Desarrollar habilidades para diferenciar las principales características de un proceso bioquímico y uno termoquímico. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propiciar actividades grupales que fomenten el intercambio de ideas y comunicación, a partir de la integración de datos para el análisis de la información y, con base en ello, propiciar mesas de debate para tomar decisiones. • Elaboración de reportes, ensayos e informes técnicos en donde se ponderará el contenido de la información, redacción y ortografía, así como las fuentes de información. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar una práctica de obtención de bioetanol a partir de procesos de fermentación del bagazo y cáscara de coco. • Proponer el desarrollo de un sistema de obtención de biogás a partir de los residuos lignocelulósicos del bagazo de coco. • Propiciar la búsqueda de proyectos de biodigestión anaerobia y su aplicación actual.
4. Obtención de biocombustibles a partir de procesos termoquímicos.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Desarrolla actividades que propicien la asimilación de conocimientos enfocados en procesos termoquímicos para la obtención de biocombustibles.</p> <p>Genéricas:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Propiciar actividades de búsqueda de información referentes a procesos termoquímicos. • Fomentar actividades grupales en la discusión referentes a la pirólisis,

Revisión 03	FORMATO PROGRAMA DE ESTUDIO DE ASIGNATURA DE ESPECIALIDAD	
ITGAM-AC-007-02		
Página 10 de 13		

<ul style="list-style-type: none"> • Propicia actividades grupales que fomentan el intercambio de ideas a partir de la integración de datos y su análisis para promover mesas de debate enfocados a la toma de decisiones asertivas. • Elaboración de reportes, ensayos e informes técnicos en donde se ponderará el contenido de la información, redacción y ortografía, así como las fuentes de información. 	<p>gasificación, licuefacción y combustión.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propiciar el uso adecuado de conceptos y de terminología referente a procesos termoquímicos. • Propiciar la identificación de proyectos termoquímicos en México. • Proponer la visita a un proyecto de obtención de biocombustibles o a un laboratorio de investigación.
--	--

8. Práctica(s)


<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de materiales lignocelulósicos residuales. • Obtención de bioetanol a partir de materiales lignocelulósicos, ejemplo: cáscara y bagazo de coco. • Diseño y elaboración de un biorreactor anaerobio. • Obtención de biogás a partir de los residuos fermentados de la cáscara y bagazo de coco. • Obtención de biodiésel a partir de la transesterificación de aceite vegetal usado.
--

Revisión 03	FORMATO PROGRAMA DE ESTUDIO DE ASIGNATURA DE ESPECIALIDAD	
ITGAM-AC-007-02		
Página 11 de 13		

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:** considera el marco de referencia (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado. Dicho marco de referencia 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 al 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 comunitaria; así como el diseño de un modelo, entre otras actividades, 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. Debe realizarse a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar, asimismo, se promoverá el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

Revisión 03	FORMATO PROGRAMA DE ESTUDIO DE ASIGNATURA DE ESPECIALIDAD	
ITGAM-AC-007-02		
Página 12 de 13		

10. Evaluación por competencias


Son aquellas que se realizan a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje los cuales se ponderan en participaciones, tareas, y evaluaciones escritas.

INSTRUMENTOS DE EVALUACION:

- Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.
- Habilidad en el uso de tecnologías de la información y de la comunicación.
- Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de diversas fuentes.
- Capacidad de investigación.
- Capacidad de crítica y autocrítica.
- Capacidad de trabajar en equipo.
- Capacidad de comunicación oral y escrita.
- Compromiso ético.
- Rúbrica en exposiciones.
- Rúbricas en el desarrollo, presentación, entrega y contenido de las prácticas.
- Rúbricas en exámenes realizados por unidad.
- Otras que se identifiquen durante la planeación académica.

11. Fuentes de información

1. E. Torres-García, 2021. Un acercamiento al análisis termocinético a través de la dependencia de la energía de activación con la conversión y la temperatura. Research Proposal.
2. Basu, P., 2013. Biomass Gasification, Pyrolysis, and Torrefaction. Practical Design and Theory. Second Edition. Elsevier. Book Aid International.
3. Vyazovkin Sergey. 2015. Isoconversional Kinetics of Thermally Stimulated Processes. Springer.
4. Atkins, P.W., 1985. Fisicoquímica. Segunda edición. Fondo educativo interamericano, S.A. de C.V.
5. Sandoval Georgina, 2010. Biocombustibles avanzados en México. Estado actual y perspectivas. Red Mexicana de Bioenergía A.C. CONACYT.
6. Omar Eduardo Tovar Herrera. Evaluación de un material lignocelulósico para la producción de celulasas, xilasas y lacasas por basidiomicetos del noreste de México. Universidad Autónoma de Nuevo León.
7. Levenspiel, O., 2006. Ingeniería de las Reacciones Químicas. Tercera edición. Editorial Limusa S.A. de C.V.
8. Kennedy, M., 2012. Biomass Gasification. The East African Study. Pisces Practical Action.
9. Tursi, A., 2019. A review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion. Biofuel Research Journal.

Revisión 03	FORMATO PROGRAMA DE ESTUDIO DE ASIGNATURA DE ESPECIALIDAD	
ITGAM-AC-007-02		
Página 13 de 13		

10. E. Torres-García, Guerrero Gudiño, L.A., Ramírez-Verduzco, L.F., Aburto, J., 2018. Valorización Termoquímica de biomasas lignocelulósicas: Dependencia de la energía de activación con la conversión. Waste Management.
11. Fogler S. H. Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas. Tercera Edición. Prentice Hall.
12. Thermo-valorization Plant in Mexico City. Metro Collective Transportation System, 2017.
13. Hydrothermal Carbonization Plant. Zero Waste. Government of Mexico City. 2022.
14. Lehninger, A.L., 1995. "Bioquímica". Ediciones Omega, S.A. Segunda Edición.
15. Henry, J.G., Heinke, G.W., 1999. "Ingeniería Ambiental". Pearson Educación. Segunda Edición.
16. Hougen, O.A., Watson, K.M., 1962. "Chemical Process Principles. Part Three. Kinetics and Catalysis". John Wiley & Sons, Inc. New York, London.
17. Mihelcic, J.R., 2008. "Fundamentos de Ingeniería Ambiental". Limusa Wiley.
18. Jan C.J. Bart, N Palmeri, Stefano Cavallaro, 2010. "Biodiesel Science and Technology. From Soil to Oil". CRC Press, Woodhead Publishing Limited, UK.
19. Edward Furimsky, Catalytic hydrodeoxygenation, Applied Catalysis A: General, Volume 199, Issue 2, 2000.