

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Biocombustibles Gaseosos
Clave de la asignatura:	SBF-2005
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Energía Renovables

¹ Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>Esta asignatura aporta al perfil de egreso del Ingeniero(a) en energías renovables el conocimiento de una perspectiva amplia de los procesos de digestión anaerobia para la producción de los diferentes biocombustibles gaseosos como son el bio-hidrogeno, biometano y bio-hitano, a partir de carbohidratos simples como la glucosa y sustratos más complejos como son el estiércol de vaca y una gran diversidad de residuos agroindustriales. Así mismo que el egresado tenga los conocimientos necesarios para el establecimiento de plantas productoras de biocombustibles gaseosos, así como también tenga habilidades necesarias para resolver problemas en una planta productora de biocombustibles gaseosos a nivel piloto e industrial. Durante el curso de esta asignatura se ofrecerán diferentes prácticas experimentales de laboratorio en la producción de biocombustibles gaseosos para que al alumno le permita comprender mejor los conceptos y cada fase del proceso anaeróbico. El estudiante deberá tener conocimientos previos de química, bioquímica y microbiología cuyos temas específicos de cada asignatura antes mencionados serán:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Anaerobiosis -Metabolismo de la glucosa -Metabolismo de producción de biogás (bio-metano e bio-hidrogeno) -Mezclado en reactores -Balances de masa
Intención didáctica
<p>Los contenidos del curso se describen en seis temas fundamentales donde se conocerá los conceptos básicos de los combustibles gaseosos y sus aplicaciones en la industria. Los temas se tratan de manera general en una parte teórica y otra práctica para la mejor comprensión de la parte teórica. En la primera fase de este temario se contempla los conceptos y aplicaciones que sustenten el conocimiento de biocombustibles gaseosos. La</p>

segunda fase contempla que los aspectos teóricos sean comprendidos en la prácticas experimentales del laboratorio. Durante el estudio de los temas se adoptará que los conceptos y procesos de producción de biocombustibles gaseosos sean relacionados con ejemplos prácticos para su mayor comprensión, así como también prácticas de laboratorio que involucren la producción de biocombustibles gaseosos usando biorreactores con el objetivo de reafirmar los conceptos teóricos

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de La Laguna. Septiembre 2020	M.C. Laura Andrea Pérez García Dra. María Cristina García Carrillo	La revisión se propone con base en ajustar el nivel de los estudiantes de ingeniería, así como ajustar para alcanzar a cubrir el temario completo en un semestre

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> ● Comprende los diferentes procesos de producción de biocombustibles gaseosos que permitan al egresado resolver problemas a nivel piloto e industrial en la producción de biocombustibles gaseosos ● Diferencia los diferentes procesos de producción de biocombustibles gaseosos que le permitan al egresado proponer e innovar procesos de producción ● Analiza y diseña nuevos procesos de producción de biogás para que el egresado sustente mediante nuevos desarrollos tecnológicos logre incrementar la eficiencia de producción de biocombustibles gaseosos

5. Competencias previas

Conocimientos de las asignaturas: Química, Bioquímica, Microbiología, Biocombustibles, Biotecnología y Biorreactores permitiendo obtener los conocimientos previos para el desarrollo de los procesos para la obtención de biocombustibles líquidos

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Conceptos y generalidades de los combustibles gaseosos	1.1. Problemática actual de los combustibles fósiles en mundo 1.2. Bioenergía como energía alternativa 1.3.-Conceptos básicos de biogás, hidrógeno, metano y biohitano. 1.4. Aplicaciones de los biocombustibles gaseosos y su impacto en el medio ambiente. 1.5.Legislación ambiental y política del uso de biocombustibles gaseosos
2	Metabolismo anaerobio	2.1.Tipos de fuentes de carbono para la producción de biocombustibles gaseosos 2.2.Tipos de microorganismos anaerobios 2.3.Metabolismo anaerobio para la producción de biocombustibles gaseosos 2.4. Importancia de la relación C:N para la producción de biocombustibles gaseosos 2.5.Metabolitos sintetizados durante la producción de biocombustibles gaseosos 2.6. Ingeniería genética para la optimización de microorganismos anaerobios
3	Biomasa agroindustrial y diferentes tipos de pre-tratamiento	3.1.Concepto de biomasa y diferentes tipos de biomasa agroindustrial 3.2. Análisis y caracterización de la biomasa 3.3.Tipos de pre-tratamiento de la biomasa 3.4. Análisis y caracterización de la biomasa agroindustrial pre-tratada 3.5.Tipos de inhibidores del proceso de fermentación producidos durante el pre-tratamiento de la biomasa 3.6.Almacenamiento y manejo de la biomasa agroindustrial después del pre-tratamiento
4	Biodigestores	4.1.Concepto de biodigestor y tipos de biodigestores 4.2.Materiales usados para la construcción

		<p>de un biodigestor</p> <p>4.3.Balance de masa en un biodigestor</p> <p>4.4.Modelamiento y optimización de la digestión anaerobia para la producción de biogás.</p> <p>4.4.Parámetros de escalamiento usados para el establecimiento de un proceso industrial de biodigestion</p> <p>4.5.Sistemas tecnológicos de monitoreo de gas y ácidos grasos volátiles en un biodigestor</p> <p>4.6. Principales problemáticas en un biodigestor</p>
5	Purificación y almacenamiento de los biocombustibles gaseosos	<p>5.1. Principales tipos de procesos, equipamiento y accesorios usados en la planta de biocombustibles gaseosos</p> <p>5.3.Sistemas de proceso y equipo usados en la purificación de los biocombustibles gaseosos</p> <p>5.2. Diferentes tipos de almacenamiento de los biocombustibles gaseosos</p>
6	Conversión de energía eléctrica a partir de combustibles gaseosos	<p>6.1. Combustión de los diferentes tipos de biocombustibles gaseosos.</p> <p>6.2.Generalidades del equipo usado para la combustión de los diferentes biocombustibles gaseosos.</p> <p>6.3. Rendimientos y factores conversión de los combustibles gaseosos producidos en el biodigestor a energía eléctrica</p> <p>6.4. Logística de la generación de energía eléctrica en plantas de biogás.</p>
7	Biodigestato	<p>7.1. Concepto de biodigestato y sus generalidades</p> <p>7.2. Caracterización fisicoquímica y biológica de los biodigestatos</p> <p>7.3. Aplicaciones de uso del biodigestato en el sector agrícola e industrial</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1.	
Conceptos y generalidades de los combustibles gaseosos	
Competencias	Actividades de aprendizaje

<p>Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Explica los conceptos básicos de los combustibles gaseosos en área de bioenergía. ● Aplica los conceptos de combustibles gaseosos <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Determina la factibilidad técnica del uso de ciertos cultivos para la producción de biocombustibles líquidos. ● Analiza las implicaciones técnicas, éticas y económicas de producir combustibles líquidos con cultivos primarios y con residuos agroindustriales y urbanos. ● Propone sistemas de aprovechamiento integral de la biomasa para su transformación en combustibles. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Explica y desarrolla con ejemplos claros la terminología propia de los combustibles gaseosos. ● Con ejemplos de aplicaciones de los combustibles gaseosos ubicar el uso de cada biocombustible gaseoso. ● Investiga las legislaciones para la producción y uso de combustibles gaseosos
<p align="center">Tema 2. Metabolismo anaerobio</p>	
<p align="center">Competencias</p>	<p align="center">Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Analiza los diferentes tipos de fuentes de carbono ● Diferencia en el metabolismo de los diferentes fuentes de carbono. ● Analiza etapas metabólicas en la producción de biocombustibles gaseosos a partir de diferentes fuentes de carbono <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Capacidades de análisis, síntesis, organización y planificación, razonamiento crítico ● Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, 	<ul style="list-style-type: none"> ● Analiza los diferentes tipos de fuentes de carbono ● Explica la diferencia del metabolismo de los diferentes tipos de fuente de carbono, así como la importancia de la relación C:N para la producción de biocombustibles gaseosos ● Desarrolla prácticas experimentales de laboratorio con diferentes tipos de fuentes de carbono para la producción de biocombustibles gaseosos

<p>tomar decisiones o resolver problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Destrezas en el uso de nuevas tecnologías de la información, relacionadas al área. • Capacidad de gestión de la información. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realiza el análisis metabolitos producidos al final de la producción de biocombustibles gaseosos • Analiza la ingeniería genética como herramienta para la optimización del proceso de la obtención de biocombustibles gaseosos
<p align="center">Tema 3.</p> <p align="center">Biomasa agroindustrial y diferentes tipos de pre-tratamiento</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analiza los diferentes tipos de biomasa agroindustrial • Diferencia en el pretratamiento usado de los diferentes tipos de biomasa agroindustrial. • Analiza que pretratamiento es el adecuado para cada tipo de biomasa agroindustrial • Determinar los inhibidores de fermentación anaerobia formados durante el pretratamiento de la biomasa <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades de análisis, síntesis, organización y planificación, razonamiento crítico • Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas. • Destrezas en el uso de nuevas tecnologías de la información, relacionadas al área. • Capacidad de gestión de la información. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza los diferentes tipos de biomasa agroindustrial • Analiza los diferentes tipos de pre-tratamientos de la biomasa agroindustrial • Realiza prácticas experimentales de laboratorio para comprender los procesos de pretratamiento de la biomasa agroindustrial • Realizar una práctica de laboratorio donde se determinen los compuestos formados durante el pre-tratamiento de la biomasa • Discute y analiza los tipos de inhibidores presentes en el proceso de fermentación

Tema 4.	
Biodigestores	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Analiza los conceptos de biodigestor y los mecanismos bioquímicos que se llevan a cabo alrededor de este bioproceso Diferencia de los principales tipos de biodigestor Desarrollo del modelado y optimización de un proceso de producción de biocombustibles gaseosos Analiza los sistemas tecnológicos de monitoreo de un biodigestor <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidades de análisis, síntesis, organización y planificación, razonamiento crítico Capacidades metodológicas para manipular el ambiente: ser capaz de organizar el tiempo y las estrategias para el aprendizaje, tomar decisiones o resolver problemas. Destrezas en el uso de nuevas tecnologías de la información, relacionadas al área. <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de gestión de la información. Capacidad comprender conceptos de teóricos usados en los biodigestores 	<ul style="list-style-type: none"> Analiza los diferentes tipos de biodigestor con una práctica experimental realizada en laboratorio Analiza los diferentes tipos de material usados en la construcción de un biodigestor con una visita a los biodigestores nivel piloto e industrial de la región Realiza prácticas experimentales en un biodigestor monitoreando los parámetros de operación para evaluar producción de combustibles gaseosos Analiza los parámetros obtenidos de un diseño estadístico de optimización
Tema 5.	
Purificación y almacenamiento de los biocombustibles gaseosos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p>	<ul style="list-style-type: none"> Analiza los diferentes tipos de procesos y equipos de transporte y

<ul style="list-style-type: none"> Analiza los diferentes tipos de procesos y equipos usados en el transporte de biocombustibles gaseosos que salen del biodigestor Analiza los sistemas tecnológicos de almacenamiento de biocombustibles gaseosos <p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p> <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis Analizar los tipos de transporte de combustibles gaseosos Analizar diferentes tipos de procesos y equipos de purificación y almacenamiento de combustibles gaseosos Competencias interpersonales <ul style="list-style-type: none"> Trabajo en equipo. Compromiso ético. <p>Competencias Sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos. Capacidad comprender conceptos de teóricos y prácticos 	<p>purificación de biocombustibles gaseosos con una visita guiada a una planta de producción de biogás</p> <ul style="list-style-type: none"> Visualiza mediante ilustraciones de bibliografía y me mediante visitas guiadas a plantas de biogás como se almacena el biogás generado en el biodigestor
---	---

Tema 6.

Conversión de energía eléctrica a partir de combustibles gaseosos

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Analiza los diferentes tipos de procesos y equipos usados para la combustión de los diferentes tipos de combustibles gaseosos Analiza mediante cálculos matemáticos la conversión de gas a energía eléctrica Analiza los conceptos en materia de energía de legislación energética de la electricidad generada en plantas de biogás <p>Genéricas:</p>	<ul style="list-style-type: none"> Analiza los diferentes conceptos y mediante el uso de multimedia visualizar como es la operación de un motor de combustión interna para la conversión de gas a electricidad Visualiza mediante diferentes ejemplos y ejercicios los cálculos para la conversión de los diferentes combustibles gaseosos a energía eléctrica

<p>El estudiante aplica:</p> <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizar los tipos combustión de los diferentes biocombustibles gaseosos • Analizar los conceptos establecidos por la reforma energética <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo. • Compromiso ético. <p>Competencias Sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos. • Capacidad de comprender conceptos de teóricos y prácticos de la conversión de biogás a energía eléctrica 	
<p align="center">Tema 7.</p> <p align="center">Biodigestato</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analiza el concepto de biodigestato y los diferentes tipos de biodigestato generados después de la obtención de los diferentes tipos combustibles gaseosos • Analiza los usos del biodigestato en la agricultura <p>Genéricas:</p> <p>El estudiante aplica:</p> <p>Competencias Instrumentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizar los biodigestatos a partir de los diferentes tipos de combustibles gaseosos <p>Competencias interpersonales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo. • Compromiso ético. <p>Competencias Sistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos en la aplicación del biodigestato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza los diferentes características fisicoquímicas del biodigestato producido mediante una práctica experimental de laboratorio • Visualiza mediante conceptos la aplicación de los biodigestatos en la agricultura y en la industria

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de comprender conceptos de teóricos y prácticos en el desarrollo tecnológico de un biodigestato 	
---	--

8. Práctica(s)

<ol style="list-style-type: none"> 1. Cinética de fermentación anaerobia por lote de la glucosa en reactor de tanque agitado usando como inóculo estiércol de vaca 2. Análisis por métodos analíticos de los diferentes productos metabólicos obtenidos de la cinética de la práctica No.1. 3. Evaluación del pre-tratamiento mediante hidrólisis ácida y enzimática de los diferentes tipos de paja producida en la región. 4. Cinética de fermentación en un biodigestor evaluando diferentes parámetros de pH, temperatura y concentración de sustrato 5. Evaluar las características fisicoquímicas y biológicas de un biodigestato recogido de alguna planta generadora de biogás de la región 6. Cinética de producción de combustibles gaseosos a partir de un biodigestor construido en forma manual por los alumnos que cursen la materia
--

9. Proyecto de asignatura

<p>Por equipos, los estudiantes de la materia de combustibles gaseosos desarrollan un proyecto al final del curso de un biodigestor donde usen la biomasa agroindustrial como sustrato para la producción de combustibles gaseosos, esto con la finalidad de que apliquen los conocimientos adquiridos en esta materia y en las demás materias cursadas. El proyecto integrador deberá consistir en el diseño de un biodigestor según las especificaciones definidas por el profesor.</p> <p>El objetivo del proyecto que plantee el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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

- La evaluación debe ser un proceso continuo, dinámico y flexible enfocado a la generación de conocimientos sobre el aprendizaje, la práctica docente y el programa en sí mismo.
- Debe realizarse una evaluación diagnóstica al inicio del semestre para partir de saberes previos, expectativas e intereses que tengan los estudiantes.
- Durante el desarrollo del curso debe llevarse a cabo una evaluación formativa que permita retroalimentar el proceso de aprendizaje y establecer las estrategias para el logro de los objetivos establecidos.
- Al finalizar el curso debe realizarse una evaluación sumativa que se vincula con aquellas acciones que se orientan a dar cuenta de productos, saberes, desempeños y actitudes que se deben considerar para la calificación.
- Se sugiere utilizar como herramienta de evaluación el portafolio de evidencias y como instrumento la lista de cotejo y la rúbrica.

11. Fuentes de información

1. Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction. Dieter Deublein, Angelika Steinhauser. Wiley-VCH, 2008
2. Wellinger, Arthur, Jerry D. Murphy, and David Baxter, eds. The biogas handbook: science, production and applications. Elsevier, 2013.
3. Direct microbial conversion of biomass to advanced biofuels..Michael E.Himmel. Elsevier publications, 2015.
4. Hwang, Moon H., et al. "Anaerobic bio-hydrogen production from ethanol fermentation: the role of pH." Journal of Biotechnology, 2004.
5. Zhao, Yiquan, et al. "Biological pretreatment enhances the activity of functional microorganisms and the ability of methanogenesis during anaerobic digestion." Bioresource technology, 2019.

6. Ziemiński, Krzysztof, and Magdalena Frąc. "Methane fermentation process as anaerobic digestion of biomass: Transformations, stages and microorganisms." *African Journal of Biotechnology*, 2012.
7. Methane and climate change. Dave reay and Pete Smith. 2010. Earthscan
8. Treatment of biogás for feeding high temerpature fuel cells. Maria Turco, Angelo Ausellio and Luca Micoli. Springer. 2016.
9. Purificación y usos del biogás. David Gabriel y Sierra Hugo. Universidad Autónoma de Barcelona. Servei de publicacions, 2017.