

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN ENERGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE
EN COMPETENCIAS PROFESIONALES

PROGRAMA DE ASIGNATURA: **HIDRÓGENO Y CELDAS DE COMBUSTIBLES** **CLAVE:** **E-HCC-3**

Propósito de aprendizaje de la Asignatura		El estudiante evaluará las propiedades, tecnologías de producción y de almacenamiento del hidrógeno, para utilizarlo en las celdas de combustible, a través de la realización de prácticas y el desarrollo de las habilidades necesarias para comprender su utilización en los diversos campos del sector energético y contribuir a la sostenibilidad.			
Competencia a la que contribuye la asignatura		Innovar proyectos energéticos a través del uso eficiente y sostenible de recursos naturales, para contribuir al desarrollo económico, social y ambiental de la región.			
Tipo de competencia	Cuatrimestre	Créditos	Modalidad	Horas por semana	Horas Totales
Específica	8	3.75	Escolarizada	4	60

Unidades de Aprendizaje	Horas del Saber	Horas del Saber Hacer	Horas Totales
I. Hidrógeno como vector energético.	3	5	8
II. Producción y almacenamiento de hidrógeno.	11	17	28
III. Celdas de combustible.	10	14	24

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

Totales	24	36	60
----------------	-----------	-----------	-----------

Funciones	Capacidades	Criterios de Desempeño
Desarrollar proyectos de innovación y transferencia tecnológica a través de la generación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico, para contribuir con soluciones emergentes al sector energético.	Desarrollar proyectos de investigación a través de la generación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico, para impulsar soluciones de innovación en el sector energético.	Elabora un documento científico que contenga: - Protocolo de investigación. - Método científico. - Desarrollo de prototipos. - Divulgación científica.

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	I. Hidrógeno como vector energético.					
Propósito esperado	El estudiante evaluará las propiedades físicas y químicas del hidrógeno y su potencial como vector energético, para desarrollar aplicaciones innovadoras en el sector energético.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	3	Horas del Saber Hacer	5	Horas Totales	8

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Vector energético.	Describir el potencial del hidrógeno como vector energético.	Demostrar el potencial del hidrógeno como vector energético.	Desarrollar el pensamiento analítico a través de la identificación de conceptos para resolver problemas en su formación académica o su entorno. Asumir con responsabilidad y honestidad las actividades, tanto individuales como en equipo de forma proactiva. Ejercer liderazgo en la práctica de laboratorio, coordinando las actividades asignadas para el buen resultado de la práctica a desarrollar.
Propiedades físicas y químicas del hidrógeno.	Identificar las propiedades físicas y químicas del hidrógeno.	Determinar las propiedades físicas y químicas del hidrógeno. Obtener hidrógeno en un ambiente controlado de laboratorio. Determinar sus variables de producción en la obtención de hidrógeno.	
Potencial del hidrógeno.	Describir el potencial técnico y económico de la producción del hidrógeno.	Evaluar técnica y económicamente el potencial de producción de hidrógeno.	
Aplicaciones del hidrógeno.	Identificar las aplicaciones del hidrógeno en diferentes sectores.	Evaluar las aplicaciones del hidrógeno en diferentes sectores.	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	X
Prácticas en laboratorio. Tareas de investigación. Mapas conceptuales.	Equipo de cómputo. Proyector de datos móviles. Pizarrón. Material y equipo de laboratorio. Equipo de seguridad.	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
Los estudiantes identifican las propiedades físicas y químicas del hidrógeno como vector energético y evalúan su potencial en aplicaciones energéticas.	A partir de un portafolio de evidencias realizar un informe que contenga: - Mapa mental del hidrógeno como vector. - Reporte de práctica de producción de hidrógeno. - Estado del arte de la tecnología del hidrógeno.	- Lista de verificación. - Rúbrica.

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	II. Producción y almacenamiento de hidrógeno.					
Propósito esperado	El estudiante evaluará los procesos termoquímicos, electroquímicos, biológicos, electrolíticos y nucleares, para desarrollar tecnologías avanzadas para el almacenamiento de la energía proveniente del hidrógeno.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	11	Horas del Saber Hacer	17	Horas Totales	28

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Procesos termoquímicos.	Identificar los procesos termoquímicos que permiten la producción de hidrógeno explicando los ciclos químicos que ocurren y la importancia de los catalizadores. Explicar cómo se transforman los materiales bajo la influencia del calor. Identificar aplicaciones que optimicen la eficiencia energética en sistemas industriales.	Seleccionar los métodos adecuados para investigar los procesos termoquímicos. Demostrar cómo se transforman los materiales bajo la influencia del calor. Evaluar aplicaciones que optimicen la eficiencia energética en sistemas industriales.	Participar activamente en equipos de trabajo que inspeccionen procesos nucleares, asegurando una comunicación efectiva y una toma de decisiones basada en el consenso y la seguridad. Ejercer liderazgo en la práctica de laboratorio, coordinando las actividades para el buen resultado de los procesos biológicos, electroquímicos y electrolíticos.
Procesos electroquímicos.	Describir los procesos electroquímicos para mejorar las celdas de combustible y aumentar la capacidad de almacenamiento de energía renovable en dispositivos y sistemas energéticos.	Evaluar los procesos electroquímicos para mejorar las celdas de combustible. Diseñar estrategias que aumenten la capacidad de almacenamiento de energía renovable en dispositivos y sistemas energéticos.	Asumir con responsabilidad y honestidad las actividades, tanto individuales como en equipo de forma proactiva.
Procesos biológicos.	Explicar los procesos biológicos en la	Determinar los mecanismos en los	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

	descomposición de residuos orgánicos.	procesos biológicos de la descomposición de residuos orgánicos, investigando sobre las nuevas técnicas de tratamiento de desechos que sean sostenibles y ecológicas.	
Procesos electrolíticos.	Definir los procesos electrolíticos en la producción de hidrógeno.	Diagramar los procesos electrolíticos en la producción de hidrógeno, validando métodos para que aumenten la viabilidad del hidrógeno como una fuente de energía limpia y eficiente.	
Procesos nucleares.	Diferenciar los distintos tipos de procesos nucleares, explicando las reacciones y los principios en reactores de fisión y fusión. Describir las aplicaciones y beneficios en la producción de energía sostenible.	Diagnosticar los procesos nucleares en diferentes tipos de reactores. Evaluar la eficiencia y seguridad en reactores nucleares. Valorar las tecnologías de energía nuclear que garanticen un suministro energético fiable y sostenible.	
Tecnologías de almacenamiento.	Clasificar las tecnologías avanzadas para el almacenamiento de energía que mejoren la autonomía y la eficiencia de dispositivos electrónicos, contribuyendo así al desarrollo de sistemas energéticos más fiables y duraderos.	Organizar el desarrollo de tecnologías avanzadas para el almacenamiento de energía. Estructurar la implementación de un sistema de almacenamiento de energía que mejore la autonomía y eficiencia de dispositivos electrónicos.	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	X
Tareas de investigación. Prácticas en laboratorio. Equipos colaborativos.	Equipo de cómputo., Proyector. Pizarrón. Internet. Material y equipo de laboratorio. Electrolizador y cartuchos de hidruros metálicos para el almacenamiento de hidrógeno. Equipo de seguridad. Calculadora científica.	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
Los estudiantes identifican y analizan los diferentes procesos en la producción de hidrógeno. Los estudiantes comprenden las tecnologías de almacenamiento de la energía del hidrógeno.	A partir de un portafolio de evidencias documentar los procesos tecnológicos para la obtención del hidrógeno, y los reportes de las prácticas de laboratorio que contengan la metodología de trabajo, los cálculos matemáticos asignados y los resultados. A partir de un debate analizar y reflexionar sobre la seguridad e impacto socioeconómico y ambiental de los procesos nucleares para la generación de energía del hidrógeno, con base en la normatividad. A partir de un informe de investigación documentar las tecnologías de	- Lista de verificación. - Rúbrica.

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

	almacenamiento del hidrógeno y prototipos novedosos para el almacenamiento de este.	
--	--	--

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	III. Celdas de combustible.					
Propósito esperado	El estudiante evaluará el funcionamiento de los diferentes tipos de celdas de combustible, para una adecuada selección y aplicación en procesos de generación de energía.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	10	Horas del Saber Hacer	14	Horas Totales	24

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Tecnologías en celdas de combustible.	Identificar las diferentes tecnologías existentes de celdas de combustible: AFC, PEMFC, PAFC, SOFC, MCFC, DEFC y DMFC, las variables de operación de estas y los materiales de sus componentes.	Verificar la funcionalidad de las diferentes tecnologías de celdas de combustible.	Desarrollar el pensamiento analítico a través de la identificación de conceptos para resolver problemas en su formación académica o su entorno.
Fundamentos fisicoquímicos de las celdas de combustible.	Describir los fundamentos fisicoquímicos teórico-prácticos de las celdas de combustible. Describir los conceptos de potencial eléctrico, energía interna, entalpía, entropía y energía libre de Gibbs, transferencia de carga y energía eléctrica, eficiencia eléctrica y térmica, entre otros conceptos básicos de la teoría de celdas de combustible.	Formular los fundamentos fisicoquímicos de las celdas de combustible, así como el potencial eléctrico, energía interna, energía libre de Gibbs, transferencia de carga, eficiencia eléctrica y térmica de acuerdo con la teoría. Comparar las eficiencias termodinámica y eléctrica calculadas en cada una de las tecnologías de celdas con los resultados teóricos de las mismas.	Participar activamente en equipos de trabajo, asegurando una comunicación efectiva y una toma de decisiones basada en el consenso y la seguridad. Asumir con responsabilidad y honestidad las actividades, tanto individuales como en equipo de forma proactiva.

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

Aplicaciones a pequeña, mediana y gran escala.	Clasificar las aplicaciones de las celdas de combustible para pequeña, mediana y gran escala de generación.	Verificar analíticamente la implementación de las celdas de combustible en aplicaciones de almacenamiento, generación y aprovechamiento de energía de acuerdo con el tamaño del proceso.	
Innovación y perspectivas futuras.	Identificar las diferentes posibilidades de aplicación de las celdas de combustibles en los distintos sectores de producción y aprovechamiento de energía.	Evaluar las posibilidades de la implementación e innovación de las celdas de combustible en las diferentes áreas del sector energético con miras a una mayor ampliación en la matriz energética.	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	X
Tareas de investigación. Prácticas en laboratorio. Equipos colaborativos.	Equipo de cómputo. Software de Ofimática. Proyector. Pizarrón. Internet. Material y equipo de laboratorio. Equipo de seguridad personal. Calculadora científica. Bancos didácticos de celdas de combustible. Electrolizador y cartuchos de hidruros	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

	metálicos para el almacenamiento de hidrógeno.		
--	--	--	--

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
Los estudiantes analizan e identifican las diferentes tecnologías existentes de las celdas de combustible en el almacenamiento, generación y aprovechamiento de energía. Los estudiantes identifican y analizan los diferentes conceptos fisicoquímicos que representan el funcionamiento de la celda de combustible, los componentes y los materiales requeridos en el dimensionamiento de una celda de combustible.	A partir de un portafolio de evidencias documentar los conceptos fundamentales y los reportes de prácticas que contengan los cálculos involucrados, los resultados y la discusión para clasificar y evaluar el diseño del funcionamiento de las celdas de combustible. A partir de un informe de investigación documentar el funcionamiento completo de una celda de combustibles, donde se abarquen los aspectos físicos, eléctricos, termodinámicos, químicos y electroquímicos para una mejor comprensión sobre la celda de combustible. A partir de un debate analizar y reflexionar sobre el futuro a mediano y largo plazo sobre la utilización masiva de las celdas de combustible y sus repercusiones ambientales, económicas y sociales.	-Guía de observación - Rúbrica.

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

Perfil idóneo del docente		
Formación académica	Formación Pedagógica	Experiencia Profesional
Preferentemente Ingeniero en energía, ingeniero químico, químico, bioquímico, con posgrado en energía del hidrógeno, en energías renovables, en ingeniería química, o áreas afines.	Preferentemente con cursos, diplomados o maestría en ambientes de aprendizaje por competencias.	Preferentemente con experiencia en energía del hidrógeno, en procesos termoquímicos, electrolíticos y biológicos, ensamble y funcionamiento de celdas de combustible, energías renovables, desarrollo de proyectos de investigación, o áreas afines.

Referencias bibliográficas					
Autor	Año	Título del documento	Lugar de publicación	Editorial	ISBN
J. Jesús Solís García	2023	<i>Hidrógeno y Energías Renovables Soluciones para un mañana sostenible</i>	México	Trillas	09786071744814
Ediciones EMD	2022	<i>Hidrógeno renovable Energías verdes, pilas, seguridad, uso, futuro.</i>	Unión Europea	Independently published	979-8833367056
Rosa de Guadalupe González Huerta, Omar Solorza Fera, Miguel A. Valenzuela Z.	2021	<i>Tecnologías de hidrógeno y celdas combustible de fuentes renovables</i>	España	EAE	9783847357650

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

Ernesto López Chávez	2014	<i>Nuevos materiales para el desarrollo de celdas de combustible en México</i>	Universidad Autónoma de la Ciudad de México UACM	México	9786077798903
Lennie Klebanoff	2016	<i>Hydrogen Storage Technology Materials and Applications</i>	USA	CRC Press	9781138199293
Ryan O'Hayre PhD., Suk-Won Cha PhD., Whitney Colella PhD., Fritz B.	2016	<i>Fuel Cells Fundamentals</i>	USA	John Wiley & Sons.	9781119113805
Prof. Detlef Stolten, Dr. Bernd Emonts	2016	<i>Fuel Cell Science and Engineering: Materials, Processes, Systems and Technology</i>	USA	John Wiley & Sons.	9781119113805
Kambiz Ebrahimi, Mehrdad Ehsani, Stefano Longo, Yimin Gao	2018	<i>Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, 3rd Edition (International Student Edition)</i>	India	CRC Press	1138330493 / 9781138330498
Lennie Klebanoff	2016	<i>Hydrogen Storage Technology Materials and Applications</i>	USA	CRC Press	9781138199293

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

Referencias digitales			
Autor	Fecha de recuperación	Título del documento	Vínculo
Fundación Renovables	06/06/2024	<i>El papel del hidrógeno en la transición energética Análisis y posicionamiento</i>	https://fundacionrenovables.org/wp-content/uploads/2021/10/20211006-El-papel-del-hidrogeno-en-la-transicion-energetica.pdf
Juan Ramón Morante, Teresa Andreu, Gotzon García, Jordi Guilera, Albert Tarancón, Marc Torrell	10/07/2023	<i>Documento: Hidrógeno vector energético de una economía descarbonizada</i>	https://www.researchgate.net/publication/355477614_Hidrogeno_Vector_energetico_de_una_economia_descarbonizada/link/6172bef8eef53e51e1c901b0/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
Asociación Mexicana de Hidrógeno	06/06/2024	<i>Hidrógeno verde el vector energético para descarbonizar la economía de México</i>	https://h2mex.org/project/hidrogeno-verde-el-vector-energetico-para-descarbonizar-la-economia-de-mexico/
José Ignacio Linares Huerta, Beatriz Yolanda Moratilla Soria	06/06/2024	<i>El hidrógeno y la energía</i>	https://www.kimerius.com/app/download/5781455897/El+hidr%C3%B3geno+y+la+energ%C3%ADa.pdf

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

Rogelio González Pérez	06/06/2024	<i>Hidrógeno Pila de combustible</i>	https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490522967.pdf
Ballard Power Systems	06/06/2024	<i>FCEB Series 2024, Webinar 1: Fundamentals of Fuel Cell Electric Bus Deployment</i>	https://www.youtube.com/watch?v=VVktXYFiH6s
Methanol Institute	12/02/2021	<i>Methanol Fuel Cells: Powering the Future Webinar</i>	https://www.youtube.com/watch?v=w9nJMhB_RNQ
The Advanced Propulsion Centre UK	20/05/2022	<i>Road to COP26: Fuel Cells Webinar</i>	https://www.youtube.com/watch?v=-_UR3IMcWkY

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-31.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	