

**PROGRAMA EDUCATIVO:
 LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA
 EN COMPETENCIAS PROFESIONALES**

PROGRAMA DE ASIGNATURA: SISTEMAS SOSTENIBLES CLAVE: E-SSO-3

Propósito de aprendizaje de la Asignatura		El estudiante desarrollará estrategias de sostenibilidad aplicable a industrias químicas, proyectos de investigación y objetos de estudio a través del análisis de la tecnología, legislación ambiental mexicana y aspectos sociales para mitigar los impactos ambientales de los sistemas de producción industrial.			
Competencia a la que contribuye la asignatura		Desarrollar procesos de producción y servicios empleando principios de operaciones y procesos unitarios, ingeniería de procesos y económica, diseño, normatividad y sustentabilidad, para satisfacer las necesidades del entorno social e industrial.			
Tipo de competencia	Cuatrimestre	Créditos	Modalidad	Horas por semana	Horas Totales
Específica	9°	4.69	Escolarizada	5	75

Unidades de Aprendizaje	Horas del Saber	Horas del Saber Hacer	Horas Totales
	I. Desarrollo sostenible	9	6
II. Sistemas sostenibles aplicados a la ingeniería química	6	9	15
III. Análisis de sostenibilidad de procesos	8	12	20
IV. Tratamiento de residuos	7	18	25
Totales	30	45	75

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

Funciones	Capacidades	Criterios de Desempeño
Planificar proyectos de ingeniería empleando la Ingeniería Básica y de detalle, normas técnicas, sustentabilidad y criterios de ingeniería, para el desarrollo de procesos de producción o servicios, modificación de instalaciones u optimización	Determinar la secuencia óptima de operaciones aplicando la ingeniería de procesos y económica para obtener el producto final o servicio conforme a las especificaciones	Elabora el reporte de supervisión que contenga: -Cálculo de indicadores económicos del proceso. -Cálculo de los costos preliminares del proceso. -Planeación de proyectos de desarrollo de procesos. -Utiliza criterios de sustentabilidad para el desarrollo de procesos. -Integración energética -Reducción de operaciones -Ciclo de producto
Diseñar procesos e instalaciones de producción conforme a criterios heurísticos y normativos para optimizar las operaciones y productividad del proceso.	Elaborar reporte de diseño conforme al proceso general para registrar los resultados y alcance del proyecto.	Elabora el reporte del proyecto que incluye: - Especificaciones de materia prima, producto terminado, servicios auxiliares y datos geográficos de la planta. - Descripción del proceso, con el balance de materia, de energía y de servicios auxiliares. - Evaluación económica y diagrama de flujo de proceso - Descripción de la distribución de planta. - Resumen de efluentes y tratamiento de residuos - Conclusiones y recomendaciones.

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	I. Desarrollo sostenible					
Propósito esperado	El estudiante relaciona los principios fundamentales de tecnología, medio ambiente y economía circular para proponer estrategias que favorezcan el desarrollo sostenible.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	9	Horas del Saber Hacer	6	Horas Totales	15

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Principios de sostenibilidad	Definir los principios legales para la protección del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible	Relacionar el informe de Brundtland con los principios legales de protección del medio ambiente en México.	Promover el trabajo en equipo para plantear soluciones pertinentes y confiables en la operación de procesos.
Dimensiones de la sostenibilidad: tecnología, economía, sociedad y medio ambiente	Distinguir las diferentes dimensiones de la sustentabilidad y las implicaciones en la práctica profesional en química.	Clasificar las repercusiones ambientales de la industria química dentro de las dimensiones de la sustentabilidad.	Desarrollar la responsabilidad ambiental a través de la valoración positiva y negativa de los procesos químicos para disminuir el impacto ambiental de la industria química.
Objetivos de desarrollo sostenible	Identificar los 17 objetivos del desarrollo sostenible.	Evaluar el impacto de los objetivos del desarrollo sostenible dentro de los procesos químicos industriales.	
Modelos economía circular	Definir el funcionamiento de los modelos de economía circular.	Establecer procesos químicos que involucran modelos circulares.	
Responsabilidad social y ambiental	Explicar la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental Identificar las disposiciones y ordenamientos jurídicos relacionados con la materia ambiental.	Valorar el impacto de la Ley Federal de Responsabilidad ambiental dentro de un proceso químico.	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	X
Análisis de casos Equipos colaborativos Tareas de investigación	Internet Computadora Proyector Pintarrón	Laboratorio / Taller	
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
<p>Los estudiantes relacionan los principios legales de protección del medio ambiente y la Ley de responsabilidad ambiental con las repercusiones ambientales del sector químico industrial en sus distintos giros y áreas.</p> <p>Los estudiantes desarrollan procesos químicos considerando modelos de economía circular dentro del área de producción de la industria.</p>	<p>A partir de un portafolio de ejercicios identificar los componentes básicos del informe de Brundtland (sostenibilidad ambiental, económica y social) y clasificar las repercusiones ambientales dentro de las diferentes dimensiones de sustentabilidad.</p> <p>A partir de un caso de estudio sobre una industria química certificada como empresa socialmente responsable y empresa limpia, evaluar las ventajas competitivas que brindan las certificaciones y su relación con los objetivos de desarrollo sostenible.</p>	<p>Lista de verificación</p> <p>Guía de observación</p>

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	II. Sistemas sostenibles aplicados a la ingeniería química					
Propósito esperado	El estudiante evaluará las estrategias de manejo de residuos de las industrias químicas conforme a la normativa ambiental para contribuir en el diseño de nuevos procesos que fomenten la ecología industrial.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	6	Horas del Saber Hacer	9	Horas Totales	15

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Introducción al manejo sostenible de emisiones, efluentes, residuos y cadena de valor	Identificar las características del manejo sostenible de emisiones, efluentes, residuos y su cadena de valor.	Seleccionar tratamientos para el control de residuos, de acuerdo con las características presentes en cada residuo.	Establecer capacidad de liderazgo para la mejora sostenible de los procesos químicos.
Normatividad mexicana ambiental aplicable a empresas químicas	Diferenciar las diferentes normas ambientales mexicanas: NOM-001-SEMARNAT-2021, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997, NOM-083-SEMARNAT-2003, NOM-085-SEMARNAT-2011, NOM-052-SEMARNAT-2005, NOM-081-SEMARNAT-1994, NOM-020-SSA1-2021, NOM-117-SEMARNAT-2006.	Demostrar la aplicación de la normatividad mexicana ambiental en el sector industrial químico.	Fomentar el trabajo en equipo para plantear nuevos procesos químicos sustentables. Promover la administración del tiempo para obtener resultados satisfactorios en la verificación del cumplimiento de la normatividad mexicana.
Ecología industrial	Definir el concepto, aplicación y elementos clave de la ecología industrial.	Relacionar los elementos clave de la ecología industrial con la normatividad mexicana.	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	X
Análisis de casos Equipos colaborativos Tareas de investigación	Internet Computadora Proyector Pintarrón	Laboratorio / Taller	
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
<p>Los estudiantes describen metodologías sobre el manejo sostenible de residuos del sector industrial.</p> <p>Los estudiantes verifican y establecen procesos de producción conforme a la normativa ambiental mexicana.</p>	<p>A partir de un portafolio de ejercicios prácticos diagnosticar la aplicación de la normatividad ambiental mexicana referente a disposición y manejo de residuos, emisiones y efluentes de descarga e identificar los requisitos normativos, el campo de aplicación y las características de la ecología industrial con los sistemas de producción industrial tradicionales.</p> <p>A partir de un caso de estudio de la Simbiosis industrial, realizar un reporte técnico que incluya un diagrama de flujo con la simbiosis industrial de la ciudad, los aspectos de economía circular y la propuesta de aplicación de este método en México.</p>	<p>Lista de verificación</p> <p>Guía de observación</p>

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	III. Análisis de sostenibilidad de procesos					
Propósito esperado	El estudiante calculará indicadores ecológicos para determinar el grado de impacto ambiental de la industria sobre el medio ambiente.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	8	Horas del Saber Hacer	12	Horas Totales	20

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Ciclo de vida de los productos	Explicar la metodología para realizar el análisis de ciclo de vida de los productos	Construir el ciclo de vida de un producto aplicando la herramienta ACV (Análisis del ciclo de vida).	Desarrollar el pensamiento analítico para disminuir las emisiones generadas por la industria química. Fomentar el trabajo en equipo para trabajar en medidas que ayuden a la disminución, control y tratamiento de emisiones.
Huella ecológica, huella hídrica y huella de carbono	Explicar los principales indicadores ecológicos en la industria: - Ciclo de vida de los productos químicos - Huellas de producción: ecológica, hídrica y de carbono.	Calcular: -Emisiones directas e indirectas de carbono de un producto químico. -Huella ecológica -Consumo de agua requerido para la obtención de un producto	
Metodologías de evaluación de impacto ambiental aplicado a empresas químicas	Identificar los tipos de impacto ambiental. Comparar metodologías de evaluación de impacto ambiental, como la Matriz de Leopold.	Estructurar metodologías de evaluación de impacto ambiental.	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	X
Análisis de casos Equipos colaborativos Tareas de investigación	Internet Computadora Proyector Pintarrón Calculadora	Laboratorio / Taller	
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
<p>Los estudiantes aplican las herramientas de cálculo del ciclo de vida a diferentes productos químicos.</p> <p>Los estudiantes categorizan y calculan las emisiones directas e indirectas producidas en los diferentes sectores de la industria química.</p> <p>Los estudiantes relacionan la ecología industrial y la economía circular aplicada en diferentes industrias de procesos químicos.</p>	<p>A partir de un portafolio de ejercicios determinar el ciclo de vida de diversos productos generados en la industria química aplicando la herramienta de análisis del ciclo de vida y los cálculos de emisiones directas e indirectas generadas por el proceso de producción.</p> <p>A partir del caso de estudio de una industria medir el impacto ambiental generado, por el método de matriz de Leopold, que considere etapa de producción, manejo de materia prima, emisiones y descargas generales.</p>	<p>Lista de verificación</p> <p>Guía de observación</p>

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	IV. Tratamiento de residuos					
Propósito esperado	El estudiante determinará los procesos físicos y químicos de tratamiento de residuos sólidos, líquidos y gaseosos generados en una industria química para cumplir los lineamientos marcados en el marco legal mexicano.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	7	Horas del Saber Hacer	18	Horas Totales	25

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Gobernanza del agua y aire	Identificar los procesos y mecanismos de los sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos que influyen en la gestión de la calidad del aire y del agua.	Construir una contextualización de la gobernanza y su aplicación en emisiones y descargas de una empresa.	Establecer una capacidad de análisis para el tratamiento de residuos sólidos mediante el trabajo práctico en equipo. Promover una comunicación asertiva para el trabajo en equipo que ayude al cumplimiento de las metas y objetivos marcados en el aprendizaje de la unidad.
Marco legal para el manejo de residuos	Relacionar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR).	Relacionar las leyes del marco legal en materia ambiental de residuos con el giro de la empresa química que lo genera	
Tratamientos convencionales y avanzados de aguas residuales	Describir los diferentes tipos de tratamientos convencionales de aguas residuales. Comparar tecnología avanzada para el tratamiento de aguas residuales.	Demostrar el efecto de tratamientos convencionales de aguas residuales: coagulación, floculación, desinfección, filtración, ozonización. Diseñar tratamientos de agua terciarios aplicando operaciones unitarias.	
Tratamiento de residuos sólidos	Identificar el tratamiento de residuos sólidos.	Estimar las ventajas y desventajas de la aplicación de tratamientos de residuos sólidos (incineración,	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

		vertido controlado, pirólisis y biometanización).	
Tratamiento de efluentes gaseosos	Definir el conteo de emisiones de gases de efecto invernadero alineado al protocolo de GEI. Describir el proceso de absorción y adsorción en el tratamiento de efluentes gaseosos.	Determinar la composición de los diferentes efluentes gaseosos de la industria química. Cuantificar los contaminantes presentes en el aire en diferentes unidades de expresión.	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	X
Análisis de casos Equipos colaborativos Prácticas en laboratorio	Internet Computadora Proyector Pintarrón Calculadora Reactivos químicos Cristalería Balanza analítica Potenciómetro multiparamétrico con electrodo para O2 Equipo medidor de DBO Equipo medidor de DQO Espectrofotómetro Centrífuga Estufa de secado Mufla	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
<p>Los estudiantes relacionan las leyes mexicanas sobre gestión de residuos y el tratamiento de los mismos en la industria química.</p> <p>Los estudiantes calculan los residuos generados por la industria química y proponen alternativas de tratamiento</p>	<p>A partir de un portafolio de ejercicios prácticos determinar los procesos de tratamiento de efluentes dependiendo su tipo: sólido, líquido, gas, los criterios normativos marcados en la legislación mexicana y la gestión de efluentes industriales.</p> <p>A partir de una práctica experimental evaluar un tratamiento de agua residual convencional o avanzado, considerando el giro industrial del agua y su potencial uso.</p> <p>A partir de un caso práctico de una industria productiva elaborar un reporte que considere:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Giro industrial - Productos generados - Tipo de tratamiento de efluentes líquidos, sólidos y gaseosos - Normas ambientales con las que cumple 	<p>Lista de verificación</p> <p>Cuestionario</p>

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

Perfil idóneo del docente		
Formación académica	Formación Pedagógica	Experiencia Profesional
Ingeniero químico, Ingeniero ambiental o áreas afines. Preferente posgrado en Ciencias Ambientales o área afín a la sustentabilidad industrial.	Enseñanza basada en competencias. Manejo de herramientas didácticas digitales. Desarrollo de habilidades prácticas que proporcionen a los estudiantes oportunidades para realizar experimentos y actividades que refuercen los conceptos teóricos.	Preferentemente con cursos, talleres, diplomados, certificaciones en: Estrategias de enseñanza-aprendizaje para grupos de clases. Uso de equipos y materiales de laboratorios. Seguridad y sustentabilidad en la industria química. Auditoría ambiental al sector empresarial. Legislación ambiental.

Referencias bibliográficas					
Autor	Año	Título del documento	Lugar de publicación	Editorial	ISBN
McDonough, W. y Braungartr, M.	2002	Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things	Estados Unidos	North Point Press	978-0865475878
Montúfar, G.	2021	Potabilización y Tratamiento de Residuos Líquidos Domésticos e Industriales: Tomo III: Residuos Domésticos e Industriales	México	OEM	9798594101821
Gómez, I.	2020	Desarrollo Sostenible	España	E Learning	978-84-18214-98-1
Montanya R.	2024	La Sostenibilidad aplicada al sistema productivo ADM-COM	España	McGraw-Hill	978-84-486-4268-6

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	

Referencias digitales			
Autor	Fecha de recuperación	Título del documento	Vínculo
Zuin, V. G., Eilks, I., Elschami, M., & Kümmerer, K.	28 de mayo de 2024	Education in green chemistry and in sustainable chemistry: perspectives towards sustainability.	https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2021/gc/d0gc03313h
Bhutta, U. S., Tariq, A., Farrukh, M., Raza, A., & Iqbal, M. K.	28 de mayo de 2024	Green bonds for sustainable development: Review of literature on development and impact of green bonds.	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004016252100809X

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-41.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE 2024	