

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

**PROGRAMA DE ASIGNATURA: OPERACIONES UNITARIAS      CLAVE: E-OPU-2**

Propósito de aprendizaje de la Asignatura		El alumno determinará los intercambiadores de calor y sus parámetros de operación, mediante los cálculos de transferencia de masa y calor, para proponer mejoras de operación y contribuir a la eficiencia del proceso.			
Competencia a la que contribuye la asignatura		Coordinar la producción en procesos químicos con base a procedimientos, normatividad de seguridad y sostenibilidad para obtener productos y servicios que cumplen los requisitos de calidad.			
Tipo de competencia	Cuatrimestre	Créditos	Modalidad	Horas por semana	Horas Totales
Específica	4°	4.69	Escolarizada	5	75

Unidades de Aprendizaje	Horas del Saber	Horas del Saber Hacer	Horas Totales
	I. Transferencia de calor	6	14
II. Intercambiadores de calor	11	24	35
III. Transferencia de masa	6	14	20
<b>Totales</b>	<b>23</b>	<b>52</b>	<b>75</b>

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

Funciones	Capacidades	Criterios de Desempeño
<p>Controlar las condiciones de operación de acuerdo a los procedimientos establecidos y las normas oficiales para cumplir con las especificaciones del producto o servicio.</p>	<p>Supervisar los procesos de laboratorios, producción y servicios a través del control de inventarios, la planeación de servicios y mantenimiento de equipos para asegurar la continuidad de las operaciones de laboratorio y producción.</p>	<p>Elabora el reporte de supervisión que contenga:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resultados del cotejo de los parámetros de control</li> <li>- Resultados de estudios de repetibilidad y reproducibilidad</li> <li>- Identificación de áreas de oportunidad</li> <li>- Propuesta de mejoras</li> </ul>
<p>Resolver problemas operativos del proceso por medio de la administración de los recursos disponibles y la aplicación de los procedimientos establecidos para lograr el objetivo de la producción o servicio.</p>	<p>Aplicar conocimientos técnicos y administrativos con base al diagnóstico del proceso, para la resolución de problemas y mejora de la calidad del producto y/o servicio.</p>	<p>Elabora un reporte que contenga:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detección de problemáticas identificadas en proceso o área administrativa</li> <li>- Planteamiento de alternativas de solución y viabilidad</li> <li>- Programa de aplicación</li> </ul>

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

## UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	I. Transferencia de calor					
Propósito esperado	El estudiante determinará los valores reales de transferencia de calor para contribuir a establecer las condiciones de operación en los equipos.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	6	Horas del Saber Hacer	14		20

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Mecanismos de transferencia de calor	Describir los tipos de transferencia de calor y sus características: Conducción Convección Radiación Sistemas de transferencia de calor combinados	Formular los mecanismos de transferencia de calor en equipos de proceso.	Fomentar el pensamiento crítico en el aprendizaje de conceptos y metodologías de cálculo relacionadas con tema
Transferencia de calor por conducción y convección	Explicar el concepto de transferencia de calor por conducción y convección. Explicar las leyes de Fourier y Ley del Enfriamiento de Newton en sistemas de placa plana y geometrías cilíndricas. Explicar la transferencia de calor en sistemas sencillos y sistemas combinados.	Calcular transferencia de calor por conducción y convección en una unidad de proceso químico.	Actuar con responsabilidad y honestidad al realizar actividades proactivas y dinámicas, en forma individual y en equipo, para resolver problemas del entorno

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

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Transferencia de calor por radiación	Explicar la transferencia de calor por radiación	Estimar el coeficiente de transferencia de calor por radiación, y la constante de Stephan-Boltzmann en la transferencia de calor por radiación. Gestionar el método de cálculo del coeficiente de transferencia de calor por radiación.	Fomentar el pensamiento crítico en el aprendizaje de conceptos y metodologías de cálculo relacionadas con tema  Actuar con responsabilidad y honestidad al realizar actividades proactivas y dinámicas, en forma individual y en equipo, para resolver problemas del entorno

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	
Ejercicios prácticos Análisis de casos Equipos colaborativos	Pizarrón PC Proyectores Laboratorio de Plantas químicas Software dedicado	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>El estudiante valora los mecanismos de transferencia de calor involucrados en procesos industriales, decide cuál mecanismo es el más relevante; y con ello estima el grado de transferencia de calor por conducción, su constante de conductividad térmica y método de cálculo, o estima el grado de transferencia de calor por convección, su coeficiente de transferencia, y método de cálculo, o estima el grado de transferencia de calor por radiación, su coeficiente de transferencia, la constante de Stephan-Boltzmann, y método de cálculo en los elementos de un proceso o instalación; verifica el procedimiento de cálculo de valores reales en la transferencia de calor por conducción, convección y radiación en un caso de estudio o real.</p>	<p>A partir de un caso de procesos fisicoquímicos, elabora un reporte que contenga:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Tipo de transferencia de calor</li> <li>-Diagrama de flujo del proceso</li> <li>-Valores reales de transferencia de calor</li> <li>-Memoria de cálculo</li> <li>-Conclusiones</li> </ul>	<p>Estudio de casos Entrevista estructurada</p>

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

## UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	II. Intercambiadores de calor				
Propósito esperado	El alumno seleccionará el tipo de intercambiador de calor, para contribuir a la optimización del proceso.				
Tiempo Asignado	Horas del Saber	11	Horas del Saber Hacer	24	35

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Clasificación de los intercambiadores de calor	Identificar la clasificación y aplicación de los intercambiadores de calor en procesos fisicoquímicos.	Seleccionar el tipo de intercambiador de calor apropiado para un determinado servicio en procesos físico químico	Fomentar el pensamiento crítico y creativo, en el aprendizaje y aplicación de conceptos y metodologías de cálculo para resolver problemas del entorno
Coeficiente y área de transferencia de calor	Explicar el concepto y ecuación de coeficiente total de transferencia de calor. Explicar el concepto y ecuación de área de transferencia de calor	Documentar las ecuaciones del coeficiente total y del área de transferencia de calor	Ejercer el proceso de toma de decisiones a través de una metodología investigadora, usando su capacidad de síntesis en condiciones de alto esfuerzo emocional para solucionar problemas adecuados al entorno operativo y socioeconómico prevaeciente.

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

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Intercambiadores de calor: doble tubo; tubo y coraza, y placa plana.	<p>Explicar los intercambiadores de calor de doble tubo; tubo y coraza, y placa plana; sus características, usos y ecuación.</p> <p>Explicar la temperatura media logarítmica.</p> <p>Identificar la clasificación según la Tubular Exchange Manufacturers Association, (TEMA).</p> <p>Explicar el método de utilización de aplicaciones móviles para el monitoreo de variables de proceso en tiempo real.</p>	<p>Calcular el coeficiente y área de transferencia de calor en intercambiadores de doble tubo, tubo y coraza, y placa plana.</p> <p>Gestionar aplicaciones móviles que permitan el monitoreo y control de variables en tiempo real y la integridad de los datos.</p> <p>Monitorear condiciones de operación en tiempo real de intercambiadores de calor</p>	<p>Fomentar el pensamiento crítico y creativo, en el aprendizaje y aplicación de conceptos y metodologías de cálculo para resolver problemas del entorno</p> <p>Ejercer el proceso de toma de decisiones a través de una metodología investigadora, usando su capacidad de síntesis en condiciones de alto esfuerzo emocional para solucionar problemas adecuados al entorno operativo y socioeconómico prevaeciente.</p>
Intercambiadores de calor con cambio de fase	<p>Explicar el concepto de condensadores y generadores de vapor; sus características, usos y ecuaciones.</p> <p>Explicar la operación de equipo de transferencia de calor con cambios de fase.</p> <p>Explicar los procedimientos de simulación y diseño de intercambiadores de calor con software dedicado.</p>	<p>Calcular el coeficiente y área de transferencia de calor en Intercambiadores con cambio de fase.</p> <p>Verificar el diseño y simulación de intercambiadores de calor con software dedicado</p>	

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	
Ejercicios prácticos Análisis de casos Equipos colaborativos	Pizarrón PC Proyectores Laboratorio de Plantas químicas Software dedicado	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
El estudiante gestiona la clasificación de intercambiadores de calor en la identificación del caso aplicable; gestiona los conceptos de coeficiente y área de transferencia de calor en la aplicación de problemas reales; verifica el procedimiento de cálculo del coeficiente y área de transferencia de calor en problemas de su entorno; gestiona el diseño y uso de los intercambiadores de calor de doble tubo; tubo y coraza, y placa plana, así como el procedimiento de cálculo de su coeficiente, área y temperatura media logarítmica; controla parámetros de operación de intercambiadores de calor en tiempo real; en su caso, evalúa Intercambiadores con cambios de fase y procedimiento de cálculo de su coeficiente y área; diseña y simula intercambiadores de calor con o sin cambio de fase.	<p>A partir de un caso de procesos fisicoquímicos, elabora una propuesta que contenga:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de intercambiador de calor</li> <li>- Valores de los coeficientes y áreas de transferencia de calor</li> <li>- Memoria de cálculo</li> <li>- Monitoreo de operaciones de transferencia de masa y calor en tiempo real.</li> <li>- Diseño y Simulación de unidades de proceso en software.</li> <li>- Justificación de la propuesta</li> </ul>	<p>Estudio de casos Entrevista estructurada</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. Transferencia de masa					
Propósito esperado	El alumno determinará la difusión y transferencia de masa y calor en equipos de proceso físico químicos, para contribuir al control y operación del proceso.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	6	Horas del Saber Hacer	14		20

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Difusión de masa	Explicar las leyes y ecuaciones de la difusión de masa en procesos fisicoquímicos. Explicar la transferencia de masa por difusión en estado estacionario y transitorio.	Calcular la velocidad de difusión de masa en operaciones de proceso.	Promover el pensamiento analítico y creativo para compaginar los conceptos con la metodología de cálculo de la transferencia de masa en diferentes estados de flujo para la solución de problemas relacionados  Actuar con responsabilidad y honestidad al realizar actividades proactivas y dinámicas, en forma individual y en equipo, para resolver problemas relacionados
Transferencia de masa por convección	Identificar el concepto de convección de masa, sus tipos de flujos y coeficientes. Explicar la ecuación de transferencia de masa por convección.	Calcular el coeficiente de transferencia de masa por convección.	
Transferencia de calor y de masa combinados.	Identificar la relación entre la transferencia simultánea de calor y masa en procesos fisicoquímicos. Explicar el método de cálculo de transferencia simultánea de calor y masa.	Calcular la transferencia simultánea de calor y masa en procesos fisicoquímicos.	

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

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	
Ejercicios prácticos Análisis de casos Equipos colaborativos	Pizarrón PC Proyectores Laboratorio de Plantas químicas Software dedicado	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
El estudiante gestiona los fundamentos de transferencia y difusión de masa; gestiona las leyes y fórmulas de cálculo de difusión de masa; estimar el grado de difusión estacionaria y transitoria aplicando sus fórmulas de cálculo; determina la convección de masa, tipos de flujos, coeficientes y fórmula de cálculo; determina la relación entre la transferencia simultánea de calor y masa en procesos fisicoquímicos mediante su método de cálculo.	<p>A partir de un caso de equipo de proceso fisicoquímico, elaborará reporte que contenga:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de proceso de transferencia de calor y masa</li> <li>- Valores de coeficiente de transferencia de masa y calor</li> <li>- Memoria de cálculos</li> <li>- Conclusiones</li> </ul>	<p>Estudio de casos Entrevista estructurada</p>

Perfil idóneo del docente		
Formación académica	Formación Pedagógica	Experiencia Profesional
Ingeniería o Maestría de formación química, orientados a procesos industriales o similares	Experiencia mínima de dos años impartiendo asignaturas de especialidad en instituciones de educación superior, con capacitación pedagógica y didáctica en evaluación en competencias.	Experiencia mínima de tres años, con nivel mínimo de mando medio, en operación de plantas de procesamiento químico, petroquímico, refinación de petróleo o similares, que contengan sistemas de transferencia de momento, de calor y de masa.

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

Referencias bibliográficas					
Autor	Año	Título del documento	Lugar de publicación	Editorial	ISBN
Welty, James R.	(2009)	Fundamentos de transferencia de Momento, Calor y Masa	México	Limusa S.A. de C.V.	978-843140148-1
Mccabe, Warren L.	(2007)	Operaciones Unitarias En Ingeniería Química	México	McGraw-Hill de México	978-844811918-8
Foust, Alan S.	(2006)	Principios de Operaciones Unitarias	México	Cecsa / Grupo Editorial Patria	978-970-10-6174-9
Christie John Geankoplis	(2005)	Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias	México	Cecsa/Grupo Editorial Patria	978-968261316-6
Yunus A. Cengel	(2004)	Transferencia de calor	USA	McGraw-Hill	978-970104484-1

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

Referencias digitales			
Autor	Fecha de recuperación	Título del documento	Vínculo
McCabe, Warren L., Smith, Julian C. Harriot, Peter. ISBN: 0-07-284823-5	2007	OPERACIONES UNITARIAS EN INGENIERÍA QUÍMICA	<a href="http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/14698.pdf">http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/14698.pdf</a>
Guzmán Gómez Alejandro Juvenal, Méndez Gutiérrez Arturo Enrique, Zamora Plata José Antonio, Herrera Toledo Rodolfo Alberto, Matías Garduño Consuelo, Gómez Tagle Ma. Estela, de la Torre Sánchez Dirzo Rafael. ISBN: 978-607-30-1995-8.	2019	Termodinámica de Procesos y Operaciones Unitarias en Ingeniería Química	<a href="https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/publicaciones/libros/cbiologicas/libros/Termodinamica_elect.pdf">https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/publicaciones/libros/cbiologicas/libros/Termodinamica_elect.pdf</a>
Sanchez Brizuela Ricardo, Esperanza, Mansilla Silvia .	2019	Fundamentos de operaciones unitarias para industrias alimentarias	<a href="https://editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/LIBROS%20ONLINE/Sanchez%20Brizuela/PDF/LIBRO%20OU%20ECU.pdf">https://editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/LIBROS%20ONLINE/Sanchez%20Brizuela/PDF/LIBRO%20OU%20ECU.pdf</a>

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