

Universidad Autónoma del Estado de México  
Facultad de Química  
Licenciatura en Ingeniería Química



Guía Pedagógica:  
Transferencia de Masa II

Elaboró: Dr. César Pérez Alonso 27/Enero/2017  
Dr. Julian Cruz Olivares Fecha: \_\_\_\_\_  
Dra. Sandra Luz Martínez Vargas

Fecha de aprobación H. Consejo Académico H. Consejo de Gobierno  
11 de julio 2017 12 de julio 2017





## Índice

	Pág.
I. Datos de identificación	3
II. Presentación de la guía pedagógica	4
III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular	5
IV. Objetivos de la formación profesional	5
V. Objetivos de la unidad de aprendizaje	6
VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje, y su organización	6
VII. Acervo bibliográfico	12
VIII. Mapa curricular	13



**I. Datos de identificación**

Espacio educativo donde se imparte

Licenciatura

Unidad de aprendizaje  Clave

Carga académica

Horas teóricas      Horas prácticas      Total de horas      Créditos

Período escolar en que se ubica

Seriación

UA Antecedente      UA Consecuente

**Tipo de Unidad de Aprendizaje**

Curso       Curso taller

Seminario       Taller

Laboratorio       Práctica profesional

Otro tipo (especificar)

**Modalidad educativa**

Escolarizada. Sistema rígido       No escolarizada. Sistema virtual

Escolarizada. Sistema flexible       No escolarizada. Sistema a distancia

No escolarizada. Sistema abierto       Mixta (especificar)

**Formación común**

Ingeniería Química 2015

Química en Alimentos 2015

Química Farmacéutica Biológica 2015

**Formación equivalente**

**Unidad de Aprendizaje**



## II. Presentación de la guía pedagógica

Conforme lo indica el **Artículo 87** del Reglamento de Estudios Profesionales, “la guía pedagógica es un documento que complementa al programa de estudios y que no tiene carácter normativo. Proporcionará recomendaciones para la conducción del proceso de enseñanza aprendizaje. Su carácter indicativo otorgará autonomía al personal académico para la selección y empleo de los métodos, estrategias y recursos educativos que considere más apropiados para el logro de los objetivos.

El diseño de esta guía pedagógica responde al Modelo Educativo de la Facultad de Química en el sentido de ofrecer un modelo de enseñanza centrado en el aprendizaje y en el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que brinde a los estudiantes la posibilidad de desarrollar sus capacidades para diseñar y evaluar diferentes equipos de separación conocidos como operaciones unitarias como destilación, absorción, secado, promoviendo una visión de calidad en el trabajo y actuando con responsabilidad social.

El enfoque y los principios pedagógicos que guían el proceso de enseñanza aprendizaje de esta UA, tienen como referente la corriente constructivista del aprendizaje y la enseñanza, según la cual el aprendizaje es un proceso constructivo interno que realiza la persona que aprende a partir de su actividad interna y externa y, por intermediación de un facilitador que propicia diversas situaciones de aprendizaje para facilitar la construcción de aprendizajes significativos contextualizando el conocimiento.

Por tanto la selección de métodos, estrategias y recursos de enseñanza aprendizaje está enfocada a cumplir los siguientes principios:

- La activación de los conocimientos previos de los estudiantes a fin de vincular lo que ya sabe con lo nuevo que va a aprender.
- Proponer diversas actividades de aprendizaje que brinden al estudiante diferentes oportunidades de aprendizaje y representación del contenido.
- Facilitar la búsqueda de significados y la interpretación mediada de los contenidos de aprendizaje mediante la organización de actividades colaborativas.
- Favorecer la contextualización de los contenidos de aprendizaje mediante la realización de actividades prácticas, investigativas y creativas.

De acuerdo con el tipo de U de A, el curso de Transferencia de Masa II contempla actividades teóricas y actividades prácticas usando la computadora; por lo tanto se favorece la aplicación de métodos de enseñanza simbólicos, analíticos, lógicos, activos, técnica de exposición, debate, acompañados de estrategias de preguntas, analogías y algoritmos, haciendo uso de recursos educativos como laptop, proyector y sala de cómputo.

Las estrategias didácticas que se aplicarán en el transcurso de este curso son: i) revisión bibliográfica, ii) resolución de series de problemas, y iii) resolución de problemas mediante el uso de software especializado



### III. Ubicación de la unidad de aprendizaje en el mapa curricular

Núcleo de formación: Integral

Área Curricular: Ingeniería Química

Carácter de la UA: Obligatoria

### IV. Objetivos de la formación profesional.

#### Objetivos del programa educativo:

Formar profesionales en Ingeniería Química con el dominio en tópicos de la Ingeniería Química -físicoquímica, reacciones químicas e ingeniería de procesos-, principios de economía industrial y administración, e inglés; y el desarrollo de habilidades cognitivas (análisis, síntesis, pensamiento crítico, razonamiento matemático, creatividad), para que aplicando metodologías adecuadas, sean capaces de resolver problemas propios de la formación, así como de generar y/u optimizar procesos y proyectos químicos, extractivos y de manufactura, que conlleven a buscar el desarrollo sustentable de su entorno, con responsabilidad social, a través de:

- Intervenir profesionalmente en la administración de procesos y proyectos químicos, extractivos y de manufactura.
- Contribuir en la gestión y transferencia de tecnología de procesos físicoquímicos económicamente redituables.
- Contribuir al progreso científico y la investigación en el ámbito de la ingeniería química mediante la innovación y promoción de nuevas plataformas tecnológicas socialmente necesarias y redituables económicamente.
- Orientar en la eficiente articulación y uso de los recursos humanos, tecnológicos, materiales, energéticos y económicos de las plantas productivas.
- Participar en actividades de comercialización de productos, equipos y servicios relacionados con procesos y proyectos químicos, extractivos y de manufactura.

#### Objetivos del núcleo de formación: Integral

Proveer al alumno de escenarios educativos para la integración, aplicación y desarrollo de los conocimientos, habilidades y actitudes que le permitan el desempeño de las funciones, tareas y resultados ligados a las dimensiones y ámbitos de intervención profesional o campos emergentes de la misma.

#### Objetivos del área curricular de Ingeniería Química

Contribuir en la formación de los profesionales de la Química a través de la aplicación responsable de conocimientos científicos y técnicos (como las matemáticas, la física, la



química y otras ciencias) en la síntesis, diseño, desarrollo, implementación, operación, mantenimiento y optimización de todos aquellos procesos que generan cambios físicos, químicos o bioquímicos en materias primas, productos químicos o procesos industriales con la finalidad de obtener bienes y servicios más útiles, aprovechables o de mayor valor agregado para la solución de problemas en beneficio de la sociedad.

## V. Objetivos de la unidad de aprendizaje

Solucionar problemas de transferencia de masa en equipos de absorción, destilación, y secado, mediante métodos analíticos, numéricos y el uso de software, con el propósito de calcular equipos de separación e integrar procesos químicos; actuando con responsabilidad social, promoviendo la calidad en el trabajo y con una visión de sustentabilidad.

## VI. Contenidos de la unidad de aprendizaje, y su organización.

<b>Unidad 1. Funcionamiento de equipos de Absorción y Desorción</b>
<b>Objetivo:</b> Diseñar y comparar los equipos de separación para contacto gas-líquido, más comunes, mediante métodos analíticos, numéricos y con software especializado; para aplicarlos en el modelamiento de procesos físico-químicos determinados.
<p><b>Contenidos:</b></p> <p>1.1 Absorción.</p> <p>1.1.1 Balance de masa y energía en sistemas a corriente paralela</p> <p>1.1.2 Balances de masa y energía en sistemas a contracorriente</p> <p>1.1.3 Operaciones en equipo de contacto continuo</p> <p>1.1.4 Operaciones en varias etapas de contacto</p> <p>1.1.5. Sistemas multicomponentes</p> <p>1.2 Desorción.</p> <p>1.2.1 Balance de masa y energía en sistemas a corriente paralela</p> <p>1.2.2 Balances de masa y energía en sistemas a contracorriente</p> <p>1.2.3 Operaciones en equipo de contacto continuo</p> <p>1.2.4 Operaciones en varias etapas de contacto</p> <p>1.2.5. Sistemas multicomponentes</p>
<b>Métodos, estrategias y recursos educativos</b>
De acuerdo con el tipo de U de A, en esta primera unidad temática, el curso de Transferencia de Masa II contempla actividades teóricas y actividades prácticas usando la computadora; por lo tanto se favorece la aplicación de los siguientes métodos, estrategias y recursos:
<p><b>Métodos de enseñanza:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Método simbólico</li> <li>• Método analítico</li> <li>• Método lógico</li> <li>• Método activo</li> <li>• Encuadre</li> <li>• Técnica expositiva</li> <li>• Técnica demostrativa</li> </ul>



- Lluvia de ideas
- Plenaria
- Debate

**Estrategias de enseñanza aprendizaje:**

- Preguntas directas
- Solución de problemas
- Resumen

**Recursos educativos:**

- Proyector
- Laptop

**Actividades de enseñanza y de aprendizaje**

Inicio	Desarrollo	Cierre
<p><b>Encuadre:</b> Dar a conocer al alumno la unidad de aprendizaje, los objetivos, la importancia de la unidad temática en la carrera de IQ y la forma de evaluación.</p> <p><b>Preguntas directas:</b> Para explorar la comprensión de los discentes respecto a la temática expuesta por el docente.</p> <p><b>Cuestionario y ejercicios simples:</b> Para explorar si los alumnos adquirieron los conocimientos y conceptos requeridos en esta unidad de aprendizaje</p>	<p><b>Encuadre del tema:</b> Explicar los conceptos referidos al tema y aportando ejemplos.</p> <p><b>Resolución de problemas:</b></p> <p><b>A1.1</b> Temas 1.1.1 – 1.1.5 Diseñar equipos de separación para absorción a partir de operaciones de contacto continuo y en varias etapas funcionando a contracorriente y co-corriente utilizando software especializado. Evaluar parámetros de diseño para conocer la eficacia en la transferencia de masa interfacial en sistemas binarios y multicomponentes.</p> <p><b>A1.2</b> Temas 1.2.1 – 1.2.5 Diseñar equipos de separación para desorción a partir de operaciones de contacto continuo y en varias etapas funcionando a contracorriente y co-corriente utilizando</p>	<p>Para todas las actividades de resolución de problemas se hará:</p> <p><b>Resumen:</b> Al término de la unidad temática el docente realiza en conjunto con los estudiantes un resumen de la temática para aclarar dudas y verificar la comprensión y analizar su aplicabilidad en el campo profesional.</p> <p><b>Plenaria:</b> Discutir las diferencias entre los resultados obtenidos en los problemas elaborados.</p> <p><b>Debate:</b> Desde un punto de vista sustentable, discutir la precisión de los resultados y del ahorro de recursos. Hacer una comparación entre los diferentes equipos de absorción y desorción desde un punto de vista técnico- económico.</p>



	software especializado. Evaluar parámetros de diseño para conocer la eficacia en la transferencia de masa interfacial en sistemas binarios y multicomponentes.	
(2 Hrs.)	(14 Hrs.)	(4 Hrs.)
<b>Escenarios y recursos para el aprendizaje (uso del alumno)</b>		
<b>Escenarios</b>		<b>Recursos</b>
Aula. Sala de Cómputo		Software especializado de cálculo, Laptop y Proyector

## Unidad 2. Funcionamiento de equipos para Destilación

**Objetivo:** Diseñar y comparar los equipos de separación para contacto líquido-vapor, más comunes, mediante métodos analíticos, numéricos y con software especializado; para aplicarlos en el modelamiento de procesos físico-químicos determinados.

### Contenidos:

#### 2.1 Destilación.

- 2.1.1 Destilación instantánea
- 2.1.2 Destilación diferencial
- 2.1.3 Rectificación continua con el método de McCabe-Thiele
- 2.1.4 Rectificación continua con el método de Ponchon-Savarit
- 2.1.5 Rectificación en equipos de contacto continuo
- 2.1.6. Destilación para sistemas multicomponentes

### Métodos, estrategias y recursos educativos

De acuerdo con el tipo de U de A, en esta segunda unidad temática, el curso de Transferencia de Masa II contempla actividades teóricas y actividades prácticas usando la computadora; por lo tanto se favorece la aplicación de los siguientes métodos, estrategias y recursos:

#### Métodos de enseñanza:

- Método simbólico
- Método analítico
- Método lógico
- Método activo
- Técnica expositiva
- Técnica demostrativa
- Lluvia de ideas
- Plenaria



**Estrategias de enseñanza aprendizaje:**

- Preguntas directas
- Solución de problemas
- Resumen

**Recursos educativos:**

- Proyector
- Laptop

**Actividades de enseñanza y de aprendizaje**

Inicio	Desarrollo	Cierre
<p><b>Encuadre:</b> Dar a conocer al alumno la unidad de aprendizaje, los objetivos, la importancia de la unidad temática en la carrera de IQ y la forma de evaluación.</p> <p><b>Preguntas directas:</b> Para explorar la comprensión de los discentes respecto a la temática expuesta por el docente.</p> <p><b>Cuestionario y ejercicios simples:</b> Para explorar si los alumnos adquirieron los conocimientos y conceptos requeridos en esta unidad de aprendizaje</p>	<p><b>Encuadre del tema:</b> Explicar los conceptos referidos al tema y aportando ejemplos.</p> <p><b>A2.1</b> Temas 2.1.1 – 2.1.6 Diseñar equipos de separación para destilación a partir de operaciones de contacto continuo utilizando software especializado. Evaluar parámetros de diseño para conocer la eficacia en la transferencia de masa interfacial en sistemas binarios empleando los métodos de McCabe-Thiele y Ponchon-Savarit. y sistemas multicomponentes.</p>	<p>Para todas las actividades de resolución de problemas se hará:</p> <p><b>Resumen:</b> Al término de la unidad temática el docente realiza en conjunto con los estudiantes un resumen de la temática para aclarar dudas y verificar la comprensión y analizar su aplicabilidad en el campo profesional.</p> <p><b>Plenaria:</b> Discutir las diferencias entre los resultados obtenidos en los problemas elaborados.</p> <p><b>Debate:</b> Desde un punto de vista sustentable, discutir la precisión de los resultados y del ahorro de recursos. Hacer una comparación entre los diferentes equipos de destilación desde un punto de vista técnico-económico.</p>
<b>(2 Hrs.)</b>	<b>(16 Hrs.)</b>	<b>(5 Hrs.)</b>

**Escenarios y recursos para el aprendizaje (uso del alumno)**

Escenarios	Recursos
Aula. Sala de cómputo	Software especializado de cálculo, Laptop y Proyector



### Unidad 3. Funcionamiento de equipos para Secado

**Objetivo:** Diseñar y comparar los equipos de separación para contacto sólido-gas, más comunes, mediante métodos analíticos, numéricos y con software especializado; para aplicarlos en el modelamiento de procesos físico-químicos determinados.

#### Contenidos:

##### 3.1 Secado por lotes

- 3.1.1 Mecanismos de secado
- 3.1.2 Periodos de velocidad de secado
- 3.1.3 Curvas de secado
- 3.1.4 Tiempos de secado

##### 3.2 Secado continuo

- 3.2.1 Balance de masa y energía en sistemas a corriente paralela
- 3.2.2 Balance de masa y energía en sistemas a contra-corriente
- 3.2.3 Comportamiento de un secador por aspersion
- 3.2.4 Comportamiento de un secador rotatorio
- 3.2.5 Comportamiento de un secador de lecho fluidificado

#### Métodos, estrategias y recursos educativos

De acuerdo con el tipo de U de A, en esta segunda unidad temática, el curso de Transferencia de Masa II contempla actividades teóricas y actividades prácticas usando la computadora; por lo tanto se favorece la aplicación de los siguientes métodos, estrategias y recursos:

##### Métodos de enseñanza:

- Método simbólico
- Método analítico
- Método lógico
- Método activo
- Técnica expositiva
- Técnica demostrativa
- Lluvia de ideas
- Debate

##### Estrategias de enseñanza aprendizaje:

- Preguntas
- Solución de problemas
- Resumen

##### Recursos educativos:

- Proyector
- Laptop



Actividades de enseñanza y de aprendizaje		
Inicio	Desarrollo	Cierre
<p><b>Encuadre:</b> Presentar objetivos, contenidos de la unidad.</p> <p><b>Exposición:</b> Para presentar la temática planteada</p> <p><b>Planteamiento y solución de problemas:</b> El docente propone reactivos para que los estudiantes apliquen los conceptos estudiados.</p>	<p><b>Encuadre del tema:</b> Explicar los conceptos referidos al tema y aportando ejemplos.</p> <p><b>A3.1</b> Temas 3.1.1 – 3.1.4 Diseñar equipos de separación para secado que operan por lotes a partir de curvas de cinéticas de secado, estableciendo los distintos mecanismos de secado y tiempos de secado utilizando software especializado. Evaluar parámetros de diseño para conocer la eficacia en la transferencia de masa interfacial en sistemas binarios sólido-gas.</p> <p><b>A3.2</b> Temas 3.2.1 – 3.2.5 Diseñar equipos de separación para secado que operan en continuo a corriente paralela y contracorriente utilizando software especializado. Evaluar parámetros de diseño para conocer la eficacia en la transferencia de masa en diferentes tipos de secadores.</p>	<p>Para todas las actividades de resolución de problemas se hará:</p> <p><b>Resumen:</b> Al término de la unidad temática el docente realiza en conjunto con los estudiantes un resumen de la temática para aclarar dudas y verificar la comprensión y analizar su aplicabilidad en el campo profesional.</p> <p><b>Plenaria:</b> Discutir las diferencias entre los resultados obtenidos en los problemas elaborados.</p> <p><b>Debate:</b> Desde un punto de vista sustentable, discutir la precisión de los resultados y del ahorro de recursos. Hacer una comparación entre los diferentes equipos de secado desde un punto de vista técnico-económico.</p>
(2 Hrs.)	(14 Hrs.)	(5 Hrs.)
Escenarios y recursos para el aprendizaje (uso del alumno)		
Escenarios	Recursos	
Aula. Sala de cómputo	Software especializado de cálculo, Laptop y Proyector	



## VII. Acervo bibliográfico

### Básico:

- Treybal, R.E. 1988. Mass Transfer Operations. 3rd. Ed., McGraw Hill, New York, USA.
- Foust, A.S. 1987. Principles of Unit Operations, 2nd. Ed., John Wiley & Sons, New York, USA.
- Welty, J.R., Wilson, R.E., & Wicks, C.E., 1985. Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 2nd. Ed., John Wiley & Sons, New York, USA.
- Bird, R.B., Stewart, W.E., & Lighfoot, E.N. 2001. Transport Phenomena, John Wiley & Sons, New York, USA.
- Geankopolis, C.J. 2014. Procesos de Transporte y Principios de Procesos de Separación. 4ª Ed., Patria, México

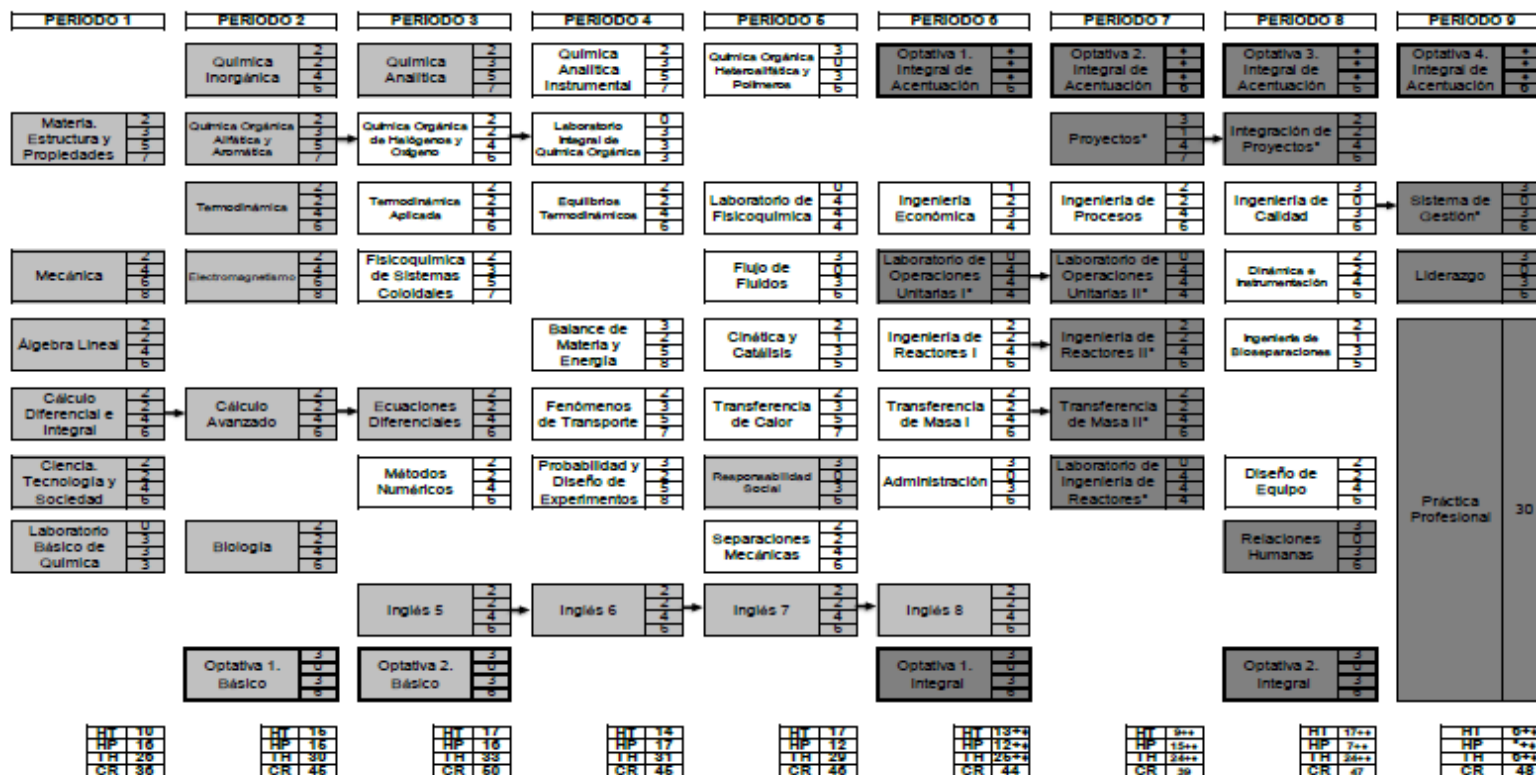
### Complementario

- Sherwood, T.K., Pigford, R.L., & Wilke, C.R. 1975. Mass-Transfer, McGraw Hill, New York, USA.
- McCabe, W.L., Smith, J.C., & Harriott, P. 2007. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, 7a. Ed., Mc Graw Hill Interamericana, Nueva York, EUA.
- Reid, R.C., & Sherwood, T.K. 1977. The Properties of Gases and Liquids. 3a. Ed., Mc Graw Hill, New York, USA.



### VIII. Mapa curricular

### Mapa curricular de la Licenciatura en Ingeniería Química 2015



HT	10
HP	15
TH	20
CR	30

HT	16
HP	15
TH	30
CR	45

HT	17
HP	15
TH	32
CR	50

HT	14
HP	17
TH	31
CR	45

HT	17
HP	12
TH	26
CR	45

HT	13**
HP	15**
TH	25**
CR	44

HT	3**
HP	7**
TH	28**
CR	39

HT	17**
HP	7**
TH	28**
CR	47

HT	6**
HP	4**
TH	6**
CR	48

#### SIMBOLOGÍA

Unidad de aprendizaje	HT: Horas Teóricas
	HP: Horas Prácticas
	TH: Total de Horas
	CR: Créditos

#### 12 Líneas de seriación:

- Obligatorio Núcleo Básico
- Obligatorio Núcleo Sustantivo
- Obligatorio Núcleo Integral
- Optativo Núcleo Básico
- Optativo Núcleo Integral

\* Unidades de Aprendizaje Integrativas Profesionales  
+ Carga horaria de UA Optativa del Núcleo Integral de Acentuación

#### PARAMETROS DEL PLAN DE ESTUDIOS

Núcleo Básico cursar y acreditar 19 UA	29 36 65 116	Núcleo Básico acreditar 2 UA	5 0 0 12
Núcleo Sustantivo cursar y acreditar 25 UA	51 27 96 139	Núcleo Integral acreditar 2 UA	5 0 0 10
Núcleo Integral cursar y acreditar 10 UA + 1 Práctica	16 19 37 55	Núcleo Integral acreditar 1 UA de acentuación	1 2 13 24
Total del Núcleo Básico 21 UA para cubrir 130 créditos		Total del Núcleo Sustantivo 25 UA para cubrir 149 créditos	
Total del Núcleo Integral 16 UA + 1 Práctica Profesional para cubrir 121 créditos			

#### TOTAL DEL PLAN DE ESTUDIOS

UA Obligatorias	51 UA + 1 Actividad Académica
UA Optativas	8
UA a Acreditar	41 UA + 1 Actividad Académica
Créditos	400



	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6	PERIODO 7	PERIODO 8	PERIODO 9
		Comunicación Eficaz 3 0 3 6	Desarrollo Humano 3 0 3 6			Desarrollo de Negocios 3 0 3 6		Finanzas 3 0 3 6	
		Comunicación Virtual 3 0 3 6	Mundo contemporáneo 3 0 3 6			Desarrollo de Productos 3 0 3 6		Optimización de procesos 3 0 3 6	
			Vida Cultural 3 0 3 6			Diseño Asistido por Computadora 3 0 3 6		Procesos de Separación 3 0 3 6	
						Electroquímica 3 0 3 6		Procesos Sustentables 3 0 3 6	
						Producción 2 0 4 6	Economía Industrial 3 0 3 6	Mercadotecnia 3 0 3 6	Desarrollo organizacional 3 0 3 6
								Innovación y Entorno de Negocios 3 0 3 6	Microeconomía 3 0 3 6
						Materiales Poliméricos y Compuestos 2 0 4 6	Propiedades de los Metales y Corrosión 3 0 3 6	Resistencia de Materiales 3 0 3 6	Procesos de Manufactura y Materiales 3 0 3 6
								Temas selectos de ciencia y Tecnología de Materiales 3 0 3 6	Tendencias Emergentes e Innovación en el Desarrollo de Materiales 3 0 3 6
						Gestión Ambiental 3 0 3 6	Control de Contaminantes 3 0 3 6	Fuentes de Energía Renovable 3 0 3 6	Procesos de Tratamientos Ambientales 2 0 2 4 6
								Temas selectos de Procesos Ambientalmente Amigables 3 0 3 6	Tendencias Emergentes e Innovación en Procesos Ambientales 3 0 3 6
						Matemáticas Avanzadas 3 0 3 6	Investigación de Operaciones 3 0 3 6	Administración de Operaciones 3 0 3 6	Simulación de Procesos 2 0 2 4 6
								Temas Selectos de Procesos 3 0 3 6	Tendencias Emergentes e Innovación de Procesos Fisicoquímicos 3 0 3 6
						Bioquímica 2 0 4 6	Microbiología 3 0 3 6	Ingeniería de Bioreactores 3 0 3 6	Ingeniería de Bioprocesos 3 0 3 6
								Temas Selectos de Bioprocesos 3 0 3 6	Tendencias Emergentes e Innovación en biotecnología o bioprocesos 3 0 3 6

Economía Administrativa

Tecnología de Materiales

Tecnología Ambiental

Procesos

Bioprocesos

Nota: La representación de las UA optativas por orden alfabético en el presente mapa es sólo eso una representación, sin embargo su oferta dependerá de la planeación académica y de la elección del alumno.