

# INFORMACIÓN GENERAL DEL CURSO

**ASIGNATURA:** Operaciones Unitarias 2  
**Carrera:** Ingeniería Bioquímica  
**Modalidad:** Escolarizada presencial  
**Créditos:** 6 (4 HT y 2 HP por semana)  
**Grupo:** BI1131-7G

**DOCENTE:** Dr. Carlos Francisco Cruz Fierro  
**Oficina:** Edificio QB, planta alta, oficina 16  
**Correo electrónico:** doc@cruzfierro.com  
**Página internet:** http://tecno.cruzfierro.com/

**SEMESTRE:** Agosto – Diciembre 2019

**Inicio de clases:** 19 ago  
**Seguimientos del curso:** 17 – 27 sep / 14 – 25 oct / 18 – 29 nov  
**Suspensiones oficiales:** 16 sep / 18 nov  
**Simposium Bioquímica:** 14 – 18 oct  
**Fin de clases:** 6 dic  
**Regularización:** 9 – 13 dic



Con mi firma hago constar que he leído este documento, conformado por seis páginas, y que he entendido la información y los criterios de evaluación que aquí se describen.		<b>FIRMA</b>
NOMBRE COMPLETO (POR APELLIDO)	NÚMERO DE CONTROL	

## APORTACIÓN AL PERFIL PROFESIONAL

Este curso proporciona al ingeniero bioquímico en formación la capacidad para analizar los procesos que involucran transferencia de masa. Desarrolla la habilidad crítica y lógica del estudiante para comprender el comportamiento a nivel microscópico de las operaciones unitarias donde se presente transferencia de masa, en particular en equipos de absorción, adsorción e intercambio iónico.

## COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<b>ESPECÍFICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conoce la ley de Fick de la difusión y estima difusividades en fase líquida y gaseosa.</li> <li>▪ Comprende los principios del balance microscópico de masa por difusión molecular y los aplica para la estimación de perfiles de concentración.</li> <li>▪ Comprende los principios de la transferencia de masa por convección y los aplica para estimar coeficientes de transferencia de masa.</li> <li>▪ Calcula la altura y el número de unidades de transferencia en fase gaseosa y líquida en una torre de absorción.</li> <li>▪ Diseña torres de absorción en columnas empacadas y en columnas de platos.</li> <li>▪ Comprende los conceptos del fenómeno de adsorción e intercambio iónico y los aplica en cálculos de diseño u operación de equipo.</li> </ul>		
	<b>GENÉRICAS</b>	<b>INSTRUMENTALES</b>	<b>INTERPERSONALES</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>▪ Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> <li>▪ Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente.</li> <li>▪ Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación.</li> <li>▪ Capacidad para tomar decisiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>▪ Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>▪ Compromiso ético.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> <li>▪ Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>▪ Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.</li> <li>▪ Capacidad para actuar en nuevas situaciones.</li> <li>▪ Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>▪ Compromiso con la calidad.</li> <li>▪ Capacidad creativa.</li> </ul>

## COMPETENCIAS PREVIAS

<b>ESPECÍFICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplica el cálculo diferencial e integral a expresiones algebraicas.</li> <li>▪ Conoce e interpreta el concepto de derivada parcial y el concepto de gradiente.</li> <li>▪ Comprende y aplica los sistemas de coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas.</li> <li>▪ Resuelve analíticamente ecuaciones diferenciales de primer y segundo orden.</li> <li>▪ Conoce y aplica la primera ley de la Termodinámica.</li> <li>▪ Formula balances macroscópicos de materia y energía.</li> <li>▪ Usa e interpreta diagramas de equilibrio y tablas de datos termodinámicos.</li> <li>▪ Resuelve numéricamente sistemas de ecuaciones lineales y no lineales, así como matrices e integrales.</li> </ul>
--------------------	---

## CONTENIDO TEMÁTICO

### UNIDAD 1: FUNDAMENTOS DE TRANSFERENCIA DE MASA

19 AGO – 20 SEP.

- 1.1 Conceptos.
- 1.2 Ley de Fick y difusividad.
- 1.3 Estimación de la difusividad para sistemas binarios gaseosos y líquidos.
- 1.4 Deducción de la ecuación general de balance microscópico de masa.
- 1.5 Perfiles de concentración para difusión unimolecular.
- 1.6 Perfiles de concentración para contradifusión equimolar.

### UNIDAD 2: TRANSFERENCIA DE MASA POR CONVECCIÓN

23 SEP – 18 OCT.

- 2.1 Transferencia de masa en la interfase.
- 2.2 Coeficiente de transferencia de masa.
- 2.3 Analogías para estimar el coeficiente de transferencia de masa.
- 2.4 Transporte de masa en medios porosos y multifásicos.
- 2.5 Teoría de la doble película.
- 2.6 Introducción a los procesos acoplados.

### UNIDAD 3: ABSORCIÓN

21 OCT – 15 NOV.

- 3.1 Concepto e importancia de la absorción.
- 3.2 Tipos de columnas de absorción.
- 3.3 Tipos de empaques para absorción.
- 3.4 Diseño de torres de absorción en columnas empacadas.
- 3.5 Diseño de torres de absorción en columnas de platos.

### UNIDAD 4: ADSORCIÓN E INTERCAMBIO IÓNICO

18 NOV – 6 DIC.

- 4.1 Fundamentos de adsorción.
- 4.2 Balances en un adsorbedor.
- 4.3 Diseño de un adsorbedor de lecho fijo.
- 4.4 Isotermas de sorción de intercambio.
- 4.5 Diseño de la columna de intercambio iónico.

## RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS SUGERIDOS

1. Bird, Stewart y Lightfoot, “Fenómenos de Transporte”, Reverté.
2. Çengel y Ghajar, “Transferencia de calor y masa”, McGraw-Hill.
3. Couper, Penney, Fair y Walas, “Chemical Process Equipment: Selection and Design”, Butterworth-Heinemann.
4. Cussler, “Diffusion: Mass Transfer in Engineering Systems”, Cambridge University Press.
5. Geankoplis, “Procesos de Transporte y Principios de Procesos de Separación”, Grupo Editorial Patria.
6. Ibarz y Barbosa-Cánovas, “Unit Operations in Food Engineering”, CRC Press.
7. Incropera y DeWitt, “Fundamentos de Transferencia de Calor y Masa”, Prentice Hall.
8. Levenspiel, “Engineering Flow and Heat Exchange”, Plenum Press.
9. McCabe, Smith y Harriott, “Operaciones Unitarias en Ingeniería Química”, McGraw-Hill.
10. Perry, “Manual del Ingeniero Químico”, McGraw-Hill.
11. Poling, Prausnitz y O’Connell, “The Properties of Gases and Liquids”, 5ª edición, McGraw-Hill.
12. Reid, Prausnitz y Poling, “The Properties of Gases and Liquids”, 4ª edición, McGraw-Hill.
13. Treybal, “Operaciones de Transferencia de Masa”, McGraw-Hill.
14. Welty, Wicks y Wilson, “Fundamentos de Transferencia de Momento, Calor y Masa”, Limusa.

## CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN (\*)

**Definiciones.** La acreditación de una asignatura es la forma en la que se confirma que el estudiante alcanza las competencias que están establecidas y que son necesarias para el desarrollo del perfil de egreso. El alcance de una competencia corresponde al logro, por parte del estudiante, de un conjunto de indicadores que determina su nivel de desempeño (excelente, notable, bueno, suficiente o insuficiente), y dicho desempeño se traduce en la asignación de una valoración numérica.

**Evaluación de primera oportunidad.** Es la evaluación sumativa que se realiza mediante evidencias por primera ocasión para cada unidad que integra el curso, durante el periodo planeado y señalado por el profesor.

**Evaluación de segunda oportunidad.** Es la evaluación sumativa de complementación, que cumple con la integración de las evidencias no presentadas o incompletas en la evaluación de primera oportunidad y se realiza al finalizar el curso, de acuerdo a las fechas programadas por la institución. Si en la evaluación de segunda oportunidad no se aprueba el total de las unidades, se asienta la calificación de la asignatura como NA (competencia no alcanzada, que también corresponde a la no acreditación de la asignatura).

**Desempeño en la evaluación.** Sólo existen dos opciones de desempeño en la evaluación sumativa de competencias: “competencia alcanzada” o “competencia no alcanzada”. La opción “competencia alcanzada” se logra cuando el estudiante ha demostrado las evidencias de una competencia específica; en caso contrario, se trata de una “competencia no alcanzada”.

**Indicadores de alcance.** Las valoraciones numéricas asignadas por el profesor indican el nivel de desempeño con que el estudiante alcanzó la competencia, tomando como referencia los indicadores que se describen en la tabla.

INDICADORES DE ALCANCE					
<p><b>A Se adapta a situaciones y contextos complejos.</b> Puede trabajar en equipo. Refleja sus conocimientos en la interpretación de la realidad. Infiere comportamientos o consecuencias de los fenómenos o problemas en estudio. Incluye más variables en dichos casos de estudio.</p> <p><b>B Hace aportaciones a las actividades académicas desarrolladas.</b> Pregunta ligando conocimientos de otras asignaturas o de casos anteriores de la misma asignatura. Presenta otros puntos de vista que complementan al presentado en la clase. Presenta fuentes de información adicionales (internet, documentales), usa más bibliografía, consulta fuentes en un segundo idioma.</p> <p><b>C Propone o explica soluciones o procedimientos no vistos en clase (creatividad).</b> Ante problemas o casos de estudio, propone perspectivas diferentes para abordarlos y sustentarlos correctamente. Aplica procedimientos aprendidos en otra asignatura o contexto para el problema que se está resolviendo.</p> <p><b>D Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico.</b> Introduce cuestionamientos de tipo ético, ecológico, histórico, político, económico, etcétera, que deben tomarse en cuenta para comprender mejor, o a futuro, dicho tema. Se apoya en foros, autores, bibliografía, documentales, tecnologías de la información, etcétera, para sustentar su punto de vista.</p> <p><b>E Incorpora conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje.</b> Incorpora conocimientos y actividades desarrollados en otras asignaturas para lograr la competencia.</p> <p><b>F Realiza su trabajo de manera autónoma y autorregulada.</b> Es capaz de organizar su tiempo y trabajar sin necesidad de una supervisión estrecha o coercitiva. Aprovecha la planeación de la asignatura preparada por el profesor para presentar propuestas de mejora de la temática del curso. Realiza actividades de investigación para participar activamente en clase.</p>					
VALORACIÓN DEL DESEMPEÑO					
DESEMPEÑO	COMPETENCIA NO ALCANZADA	COMPETENCIA ALCANZADA			
INDICADORES LOGRADOS	0 ó 1	2	3	4	5 ó 6
NIVEL DE DESEMPEÑO	insuficiente	suficiente	bueno	notable	excelente
VALORACIÓN NUMÉRICA	NA	70 – 74	75 – 84	85 – 94	95 – 100

**Acreditación de la asignatura.** Para que el estudiante acredite una asignatura, debe ser evaluado en todas y cada una de las competencias de la misma, y el nivel de desempeño estará sustentado en las evidencias y cumplimiento de los indicadores de alcance. Los resultados de las evaluaciones de cada unidad se promedian para obtener la calificación de la asignatura, siempre y cuando se hayan alcanzado todas las competencias.

**Requisitos adicionales.** Para acreditar este curso también es indispensable haber tenido durante el semestre una asistencia acumulada mínima del 70% (de acuerdo a lo especificado en la sección “Asistencia”, página 5).

(\*) El contenido de esta sección (excepto el apartado “Requisitos adicionales”) está adaptado del capítulo 5 del “Manual de Lineamientos Académico-Administrativos del Tecnológico Nacional de México”, fechado octubre 2015, donde indica que la evaluación sumativa se realiza “a las competencias (específicas y genéricas) que integran el curso”. Para facilitar el proceso de evaluación académica, en este curso se realizará una evaluación sumativa por cada unidad. El texto en esta sección se ha adaptado de acuerdo a este criterio.

## EVIDENCIAS PARA EVALUACIÓN

**Entrega de evidencias.** Todas las evidencias se entregarán en físico (salvo indicación contraria), en hojas tamaño carta con el nombre del estudiante al frente. Se recomienda usar ambos lados de la hoja o papel de reuso, pero no se aceptan hojas arrancadas de cuaderno. La fecha de entrega recomendada para cualquier evidencia será una semana después de haber sido encargada; ésta no será una fecha límite estricta, pero retrasos significativos en la entrega de las evidencias se tomarán en cuenta al evaluar el indicador ⑥.

**Criterios de aceptación.** Cada evidencia se evaluará como “aceptada” o “no aceptada”. Por lo general, se darán indicaciones por escrito sobre los requisitos mínimos para que una evidencia sea aceptable. El profesor devolverá a la brevedad posible las evidencias revisadas; si alguna evidencia no fue aceptada, se indicará la razón y deberá ser corregirla y entregada nuevamente. El hecho de que una evidencia sea aceptada no necesariamente indica que esté correcta en su totalidad, sólo refleja que el estudiante ha demostrado satisfactoriamente el aprendizaje esperado. Salvo las que se indiquen como opcionales, **el estudiante deberá tener aceptadas todas las evidencias de la unidad para recibir calificación de esa unidad.** A través de la página en internet del profesor, el estudiante podrá dar seguimiento de cuáles evidencias han sido aceptadas.

**Tipos de evidencias.** Las evidencias del curso se pueden dividir en tres clases: **ejercicios** (entregados individualmente), **actividades** (entregadas en equipo) y **exámenes** (realizados individualmente). Las indicaciones específicas para cada tipo de evidencia se describen a continuación.

**Ejercicios.** *Son evidencias del trabajo personal del estudiante, por lo que se entregan individualmente, resueltos a mano* (salvo cuando se indique lo contrario). Se dedicará varias sesiones del curso para la resolución de estos ejercicios, con la supervisión y guía del profesor. Los estudiantes son responsables de dedicar tiempo extra-clase para terminarlos si es necesario. Cuando se proporcione la respuesta, es responsabilidad del estudiante corroborar su resultado y, en caso de discrepancia más allá de lo razonable, corregirlo antes de entregarlo.

**Actividades.** *Son evidencias del trabajo del estudiante como parte de un grupo de trabajo, por lo que son realizadas y reportadas en equipo.* Previo a la realización de la actividad, el profesor proporcionará una hoja de indicaciones, que deberá ser la primera hoja del reporte, cumpliendo la función de portada. El reporte puede ser elaborado en computadora y debe incluir todas las evidencias entregables especificadas en la hoja de instrucciones. Una vez aceptado como evidencia, los miembros del equipo deben fotocopiar el reporte para que cada uno tenga un ejemplar para su portafolio final de evidencias.

**Exámenes (indicaciones generales).** *Son evidencias del desempeño académico del estudiante en condiciones controladas.* Los exámenes serán a libro y cuaderno cerrado, excepto por los formularios que en su momento se indique, que se deberán entregar junto con el examen. Se podrá usar calculadora científica estándar, pero no calculadora programable (ClassPad o similares), computadora, celular, audífonos u otros dispositivos electrónicos. Los estudiantes no podrán prestarse nada durante el desarrollo del examen ni recibir nada del exterior. Tampoco podrán abandonar el salón antes de entregar su examen.

El estudiante será responsable de tomar notas adecuadas de los temas vistos en clase y de consultar el material publicado en la página del curso en el sitio en internet del profesor. Cualquier tema visto en clase o mediante ejercicios o actividades puede ser objeto de evaluación en el examen.

La puntuación obtenida en el examen no es la calificación de la unidad, únicamente determina si el examen se acepta o no como evidencia. Dicha calificación se establece cuando el estudiante tenga aceptadas todas las evidencias de la unidad, con base en los indicadores que haya demostrado (página 3). Por cuestiones administrativas, si el estudiante aprobó el examen, pero aún tiene evidencias pendientes de entregar o corregir de esa unidad, se le asentará provisionalmente en el SIIT la calificación mínima aprobatoria. **En cualquier caso, la calificación real es la que aparece en la página del curso en el sitio en internet del profesor.**

Ya que son instrumentos de evaluación, los exámenes permanecerán en custodia del profesor. El estudiante podrá acudir con el profesor para checar su examen y aclarar sus dudas respecto a su desempeño o evaluación.

**Exámenes (indicaciones para primera oportunidad).** Al final de cada unidad, el grupo definirá de común acuerdo la fecha del examen de primera oportunidad. En caso necesario, se puede reprogramar el examen (una sola vez por unidad), previo acuerdo grupal con el profesor, con al menos un día hábil de anticipación. **Para tener derecho a presentar examen en primera oportunidad, el estudiante no debe tener, al día hábil anterior al examen, evidencias pendientes de entregar con más de tres semanas de retraso.**

Para que el examen de primera oportunidad se acepte como evidencia de las competencias correspondientes, el estudiante debe obtener una puntuación igual o mayor que la puntuación mínima aprobatoria, *que será el 70% de la puntuación total del examen, o la mediana grupal si fuese menor*. Si la mediana grupal es menor al 40% de la puntuación total, el examen se considerará no válido como instrumento de evaluación y se tendrá que realizar uno nuevo, considerándose aún como primera oportunidad.

En caso de que la infraestructura institucional sea insuficiente o inadecuada para evaluar a todos los estudiantes, a criterio del profesor, se aplicará el examen sólo a una muestra aleatoria definida inmediatamente antes del examen. Para propósitos de evaluación, quienes no presenten examen debido a esta circunstancia, recibirán la mediana de las puntuaciones aprobatorias de quienes sí presentaron examen.

**Exámenes (indicaciones para segunda oportunidad).** Los exámenes de segunda oportunidad se realizarán a la hora de la clase en la semana correspondiente, una unidad por día, sin posibilidad de reprogramación. **Es importante señalar que, en caso de conflicto de horario, tiene precedencia el profesor que sí aplica su examen en el horario de su clase.**

Para que el examen de segunda oportunidad se acepte como evidencia de las competencias correspondientes, el estudiante debe obtener una puntuación igual o mayor que la puntuación mínima aprobatoria, *que será el 70% de la puntuación total del examen*, independientemente de la mediana grupal. La evaluación del examen de segunda oportunidad es independiente del resultado que se haya obtenido previamente en el examen de primera oportunidad.

**Portafolio de evidencias.** Al final del semestre, el estudiante entregará un engargolado con todas las evidencias del curso, de acuerdo a las indicaciones que se darán en su momento. Ésta es la única evidencia que lleva portada. **Si el portafolio se entrega incompleto, la calificación final del estudiante será reducida proporcionalmente.** En la situación extrema de que el estudiante no entregue su portafolio, pero haya aprobado todos los exámenes del curso, sólo tendrá derecho a la calificación mínima aprobatoria. El estudiante podrá recoger su portafolio evaluado en el transcurso del siguiente semestre, a partir del primer día de clase.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

**Asistencia.** Dado que el curso es presencial, la asistencia es necesaria (se considera una evidencia actitudinal). Se requiere un porcentaje acumulado semestral mínimo del 70% de asistencia a las horas de sesión del curso para tener derecho a la calificación final, independientemente de la causa de las inasistencias. **Justificar una inasistencia no la convierte en asistencia.** Es responsabilidad del estudiante ponerse al corriente a la mayor brevedad respecto al trabajo desarrollado en clase cuando estuvo ausente. Al estudiante se le podrá cancelar la asistencia del día si está ausente del salón durante un tiempo prolongado o si dedica una parte significativa del tiempo de clase a actividades no relacionadas con el curso.

No se aplicarán exámenes extemporáneos. Si un estudiante no puede asistir a un examen de primera oportunidad por una razón justificada, podrá presentar el examen cuando se aplique en segunda oportunidad (contando todavía como primera oportunidad), previa aceptación de su justificante por escrito. Sólo puede justificarse un máximo de dos inasistencias a exámenes de primera oportunidad. Las inasistencias a exámenes de segunda oportunidad sólo serán justificables en circunstancias muy excepcionales.

**Permanencia en el salón.** Por razón evidente, se les recomienda permanecer en el salón durante el desarrollo de la clase. Está permitida la libre entrada y salida del salón, a condición de que se evite interrumpir el desarrollo de la clase o distraer innecesariamente al resto del grupo.

**Trabajo extra-clase.** Se recomienda que el estudiante dedique al curso un mínimo de 3 horas extra-clase por semana, adicionales al horario asignado. Este tiempo extra se requiere para la realización de ejercicios y actividades, así como para el estudio autorregulado.

**Honestidad académica.** Es indispensable que el estudiante se guíe por principios éticos compatibles con la formación profesional que está recibiendo. La deshonestidad académica en un examen será motivo de anulación. El trabajo del estudiante se podrá rechazar si muestra evidencia de material copiado de otro trabajo o de información simplemente copiada y pegada de internet. Sin embargo, se permite y se recomienda que los estudiantes se reúnan para trabajar en los ejercicios, así como para repasar los contenidos vistos en clase, a condición de que todos participen equitativamente y que cada uno desarrolle y entregue su propio trabajo. Respecto a las actividades en equipo, todos los integrantes son igualmente responsables de colaborar en su realización y en la preparación de las evidencias correspondientes.

**Calidad del trabajo escolar.** Se espera que el estudiante refleje su esfuerzo en lograr y mantener una alta calidad en toda evidencia que entregue. Si hay deficiencias significativas en la calidad de su trabajo, se le pedirá que haga las correcciones necesarias para que la evidencia pueda ser aceptada.

**Aprendizaje incremental.** Los temas del curso tienen una secuencia lógica que frecuentemente requiere del dominio de un tema antes de continuar con el siguiente. Del mismo modo, los ejercicios, actividades o exámenes pueden requerir la aplicación de competencias adquiridas en unidades anteriores o en cursos previos.

**English content.** In today's globalized world, English is a very important language, especially in science and engineering. Many bibliographic resources are in English, and employers often require some level of proficiency in English prior to hiring. Unfortunately, students do not usually feel the need to learn English, mainly because of online translation services and availability of Spanish translations of many engineering textbooks. With these considerations in mind, some of the course material might be delivered in English, in order to engage the student in recognizing the need of learning and practicing this language.

**Teléfono celular.** Para evitar interrupciones y distracciones durante la clase, se les pide mantener su celular en modo vibrador y evitar usarlo excesivamente. Durante los exámenes, el celular está estrictamente prohibido.

**Circunstancias excepcionales.** Cualquier situación fuera de lo habitual que pueda afectar el desempeño del estudiante en el curso, deberá ser planteada al profesor por escrito, de forma anticipada si es posible.