

00521  
60



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**ANÁLISIS DE LA ENSEÑANZA EXPERIMENTAL EN LA CARRERA  
DE INGENIERÍA QUÍMICA EN UNIVERSIDADES DE  
CANADÁ, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA Y MÉXICO**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO  
PRESENTA**

**CÉSAR ALEJANDRO GONZÁLEZ GONZÁLEZ**



**MÉXICO, D. F.**



**EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUÍMICA**

**2003**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Jurado asignado:**

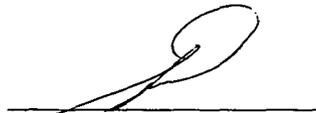
<b>Presidente</b>	<b>Eduardo Rojo y de Regil</b>
<b>Vocal</b>	<b>Robert Johnson Bundy</b>
<b>Secretario</b>	<b>Reynaldo Sandoval González</b>
<b>1er. Suplente</b>	<b>José Antonio Ortiz Ramírez</b>
<b>2º Suplente</b>	<b>Alejandro Iñiguez Hernández</b>

Tesis realizada en la Coordinación de Ingeniería Química conjunto E, primer piso. Departamento de Ingeniería Química.

Teléfono: 5622-5353

e-mail:

rsg@servidor.unam.mx



**Reynaldo Sandoval González**

**Asesor**



**César Alejandro González González**

**Sustentante**

## ÍNDICE

<b>EXORDIO</b> .....	<b>5</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I INGENIERÍA QUÍMICA</b> .....	<b>10</b>
GENERALIDADES.....	10
IMPORTANCIA DE LA INGENIERÍA QUÍMICA.....	12
LA INGENIERÍA QUÍMICA Y LA SOCIEDAD.....	17
<b>CAPÍTULO II FORMACIÓN GENERAL DEL INGENIERO QUÍMICO</b> .....	<b>19</b>
MISIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO.....	19
OBJETIVOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA.....	20
PEFIL GENERAL DE INGENIERO QUÍMICO.....	21
FUNCIONES PROFESIONALES DEL INGENIERO QUÍMICO.....	22
<b>CAPÍTULO III ENSEÑANZA EXPERIMENTAL EN INGENIERÍA QUÍMICA</b> .....	<b>24</b>
IMPORTANCIA DE LA PARTE EXPERIMENTAL EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA QUÍMICA.....	25
VINCULACIÓN TEORÍA-LABORATORIO.....	27
<b>CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE UNIVERSIDADES MEXICANAS EN INGENIERÍA QUÍMICA</b> .....	<b>29</b>
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.....	29
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA.....	33
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA IZTAPALAPA.....	43
UNIVERSIDAD LA SALLE.....	50
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY, MONTERREY.....	56
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA, PUEBLA.....	66
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, C.U.....	71
<b>CAPÍTULO V INTEGRACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS MEXICANO GENERAL</b> .....	<b>77</b>
ESTADÍSTICAS DE LOS PLANES.....	77
<i>Creditos</i> .....	77
<i>Número de asignaturas</i> .....	78
<i>Horas presenciales</i> .....	79
<i>Periodos académicos</i> .....	79
MATRICES DE HORAS POR MATERIA Y ÁREA ACADÉMICA.....	80
<i>Matemáticas</i> .....	80
<i>Física</i> .....	81
<i>Química</i> .....	81
<i>Fisicoquímica</i> .....	83
<i>Ingeniería Química</i> .....	83
<i>Otras Ingenierías</i> .....	86
<i>Artes</i> .....	86
<i>Económicas-Administrativas</i> .....	89
<i>Horas por área académica (Teoría)</i> .....	92
<i>Horas por área académica (Laboratorio)</i> .....	92
<i>Porcentajes (Teoría)</i> .....	93
<i>Porcentajes (Laboratorio)</i> .....	94
<i>Porcentajes (Área académica)</i> .....	94

<b>CAPÍTULO VI ANÁLISIS DE UNIVERSIDADES DE CANADÁ Y ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA EN INGENIERÍA QUÍMICA</b> .....	97
UNIVERSIDAD DE ALBERTA, CANADÁ.....	98
UNIVERSIDAD DE TORONTO, CANADÁ.....	102
UNIVERSIDAD DE MCGILL, CANADÁ.....	110
UNIVERSIDAD DE WISCONSIN - MADISON, ESTADOS UNIDOS.....	114
UNIVERSIDAD DE STANFORD, ESTADOS UNIDOS.....	117
UNIVERSIDAD DE TEXAS, ESTADOS UNIDOS.....	121
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MASSACHUSETTS, ESTADOS UNIDOS.....	128
<b>CAPÍTULO VII INTEGRACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS GENERAL DE CANADÁ Y ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA</b> .....	131
<i>ESTADÍSTICAS DE LOS PLANES</i> .....	131
<i>Créditos</i> .....	131
<i>Número de asignaturas</i> .....	132
<i>Horas presenciales</i> .....	133
<b>CAPÍTULO VIII ANÁLISIS PRELIMINAR</b> .....	148
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	153
<i>Infraestructura</i> .....	153
<i>Enfoque</i> .....	154
<i>Guiones experimentales</i> .....	156
<i>Vinculación Teoría-Laboratorio</i> .....	158
<i>Estudio Independiente</i> .....	159
<i>Programas de estudio</i> .....	161
<b>REFERENCIAS</b> .....	164
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	164
<b>HEMEROGRAFÍA</b> .....	164
<b>PÁGINAS WEB</b> .....	165
<b>ENTREVISTAS</b> .....	166

## **EXORDIO**

Dedico esta tesis al ejemplo de esfuerzo, voluntad y dedicación que mi Familia ha realizado, en su conjunto e individualmente, a lo largo de su historia.

A mis padres, Yolanda y Gregorio, que con sus acciones me han enseñado las lecciones más importantes de la vida preparándome para ella y dándome un modelo a seguir.

A Andrea y a la memoria de Roberto, mis segundos padres, que sacrificaron inclusive muchos de sus sueños para dedicar su vida al cuidado y educación de sus nietos.

A Griselda, mi querida hermana, que durante mucho tiempo no valoré adecuadamente y que ahora, a pesar de ser distintos, amo con el alma y que además es un ejemplo de perseverancia y es una mujer con mucho futuro.

A los mejores amigos que pude tener: Abisag, Manuel y Julio César que han estado conmigo en las buenas y en las muy malas y que sin su apoyo, ayuda y consuelo me hubiese sido imposible salir adelante y enfrentar las pruebas que la vida pone.

Mención aparte merece mi hermano postizo Everardo que siempre ha visto por mí y que me regalado una amistad incondicional que aún ahora, después de tantos años es la más importante de mi vida, y su Familia que me ha apoyado siempre y sin pretexto y que en su momento supieron orientar y confortar a un muchacho desorientado y un poco rebelde. Les agradezco infinitamente que hace años me abrieran las puertas de su casa y que estas aún sigan así para mí y mi Familia.

Al Dr. Rafael Herrera Nájera, que me ha enseñado que un buen profesional también debe ser una buena persona y que la humildad y la sencillez siempre son importantes, que los límites son mentales y que los sueños son un motor importante pero que de nada sirven si no se vuelven realidades.

A mi Walky, mi perro, que le ha dado muchas alegrías a mi vida desde que llegó a ella.

Al recuerdo de una amistad olvidada y de una pasión extinta.

Y dedico este trabajo finalmente, pero no por eso menos importante, a Dios, que me ha dado todas las riquezas que un hombre pueda tener y que siempre a estado conmigo y con mis seres queridos y que, estoy seguro, seguirá estando con nosotros, el resto de nuestros días como siempre lo ha estado.

*César Alejandro González González*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Reynaldo Sandoval González que con su sencillez y eterna buena disposición me ofreció siempre su ayuda y fué determinante para mi titulación.

Al Ing. Eduardo Rojo y de Regil que también fue parte determinante en mi titulación y su orientación y sus consejos fueron siempre de gran ayuda.

A la Familia González por su apoyo moral, y en especial a la Familia Álvarez González por su continua motivación e importante apoyo.

A Marisol, Elibeth y Andrea por su importante ayuda, amistad y compañerismo.

A todos los coordinadores de las escuelas incluidas en el estudio y a toda la gente entrevistada y que brindó información para la realización del mismo, en especial Al I.Q. René Huerta, Q. Juan Abud y al Dr. José Antonio de los Reyes Heredia por su hospitalidad, disposición y cooperación.

Dr. Martín Hernández Luna por su invaluable ayuda y orientación para delimitar la línea y los alcances del estudio.

A Lic. Herminio Sandoval, por su apoyo en la cristalización de este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por formarme como ser humano además de cómo profesional.

A todas las personas que no mencioné antes y que fueron determinantes para la realidad que ahora vivo, a todos ellas: Gracias.

*César Alejandro González González.*

## INTRODUCCIÓN

La Ingeniería, en general, busca y desarrolla conocimientos que constituyen sus fundamentos, éstos se van generando al aplicar la combinación de contribuciones aportadas por las ciencias y por experiencias empíricas en la solución de problemas prácticos. No se puede hacer Ingeniería sin la Ciencia, pero la Ciencia tampoco puede avanzar sin la retroalimentación y las herramientas que proporciona la Ingeniería ambas necesitan plantear modelos: una para resolver problemas y la otra para generar conocimiento. La Ingeniería manipula, combina y extrapola los conocimientos científicos y empíricos de las ciencias naturales y sociales para formar un puente entre ellos y una aplicación concreta.

La Ingeniería Química realmente es una Ingeniería que se ocupa de campos concretos de la física y la matemática, pero especialmente combinados con la Química.

Lo primero que se le enseña a un ingeniero químico es que la Química es una ciencia de trato experimental y que no necesariamente se podrá lograr una reacción con condiciones del laboratorio a nivel industrial aunque esta este perfectamente documentada y estudiada ya que en el escalamiento intervienen variables que el un laboratorio no resultan un factor determinante para su estudio. Es aquí donde toma relevancia la enseñanza experimental.

Teóricamente dentro del proceso enseñanza-aprendizaje debería de existir un equilibrio entre los conocimientos, las habilidades y las actitudes, la realidad es que se polariza este equilibrio generalmente hacia la impartición de conocimientos para cumplir con el programa de estudios de las diferentes materias de la carrera de Ingeniería Química. El desarrollo de habilidades y el reforzamiento de actitudes son más importantes que el aprendizaje de conocimientos o conceptos. Una habilidad se desarrolla si se le practica y no importa tanto el equipo sino la posibilidad de estimular que el alumno piense por si mismo al manejarlo y el de desarrollar al máximo su percepción y razonamiento para que manipule los fenómenos a los que tiene acceso y encuentro directo en los laboratorios.

Aprender no implica solamente adquirir conocimientos de hechos mediante el estudio, la experiencia o ambos. Aprender efectivamente es "apropiarse" de un conocimiento, para que junto con las consecuencias de haber hecho un esfuerzo para aprenderlo forme parte de la propia persona.

La carrera de Ingeniería Química lleva un contenido fuertemente experimental, una formación que requiere y se basa en la experiencia, en el manejo de situaciones y circunstancias que sólo se pueden percibir si se realizan actividades en un laboratorio, de aquí que se planeen prácticas experimentales para ayudar al alumno a desarrollar sus habilidades y a familiarizarse con el trabajo que hará ya como profesional ya que un egresado sin un grado suficiente de habilidades desarrolladas no es propiamente un ingeniero. En términos generales, las prácticas de laboratorio deben perseguir que el alumno aprenda cosas valiosas para su ejercicio profesional porque mediante un encuentro directo con los fenómenos se adquiere la vivencia de constatar las relaciones de causa efecto existentes y de ubicar en el espacio en que se originan la ley, el concepto o conocimiento formal que se debe adquirir.

El aprendizaje se va dando en forma gradual, integrándose con conocimientos anteriores y de acuerdo a las capacidades del que aprende pero un concepto se capta mejor por el alumno cuando se ponen en juego varios sentidos porque entiende conceptos relacionados, los relaciona con otros a su vez y, al conjunto, lo conecta con la realidad pero es común que el problema más grave en este sentido se presente en la vinculación de la enseñanza de la teoría y el laboratorio por lo que ésta mecánica no necesariamente se presenta.

La manera más eficaz de conectar la teoría con la práctica, que a final de cuentas se traducirá en conectar la educación universitaria con la vida profesional, es desarrollando el razonamiento y las habilidades, que por definición son herramientas para manejar y aplicar el conocimiento, por esta razón las universidades diseñan planes de estudio acorde con el perfil de egresado que desean forma pero sin perder de vista que el ingeniero químico debe, a toda costa, recibir una educación experimental destacada por que solo ésta podrá darle los elementos necesarios, ya mencionados, para ejercer efectivamente su vida profesional ya que el conocimiento se da con evidencias medibles de los fenómenos que se estudian, aquellos que ocurren de manera pedagógica en los laboratorios y no mediante verificaciones de aspectos meramente teóricos, como suele pasar.

El presente análisis pretende examinar la filosofía educativa de cada una de las instituciones involucradas en él, de las instalaciones con que cuentan las universidades mexicanas para enseñar los laboratorios, de los métodos, de los perfiles que se pretenden lograr y de la coherencia de estos con el conjunto y, por supuesto, de los programas de la carrera y hacer una comparación de estos y ver cuáles son las tendencias finales de la educación experimental para generar propuestas de mejora y, en algunos casos, de evolución de los aspectos sujetos a análisis, nunca con la intención de señalar o criticar de manera prejuiciosa sino con la convicción de llegar a lo que idealmente debería de perseguirse en la formación de ingenieros químicos y generar propuestas para ser adoptadas por las instituciones educativas. El reto, como en todo estudio de esta naturaleza, es el de traducir lo que aquí se propone a la realidad que vive el entorno institucional de cada Universidad pero el esfuerzo bien vale la pena por el simple hecho de que se debe buscar la mejora continua de la educación en las Universidades y el desarrollo de mejores profesionistas.

## CAPÍTULO I INGENIERÍA QUÍMICA

### Generalidades.

La Ingeniería es una disciplina que se encarga de aplicar conocimientos científicos y empíricos en la creación o innovación de sistemas y procesos buscando el beneficio de la Sociedad. En un sentido más formal, la Ingeniería busca y desarrolla aquellos conocimientos que constituyen sus fundamentos, éstos se van generando al aplicar la combinación de contribuciones aportadas por las ciencias y por experiencias empíricas en la solución de problemas prácticos. No se puede hacer Ingeniería sin la Ciencia, pero la Ciencia tampoco puede avanzar sin la retroalimentación y las herramientas que proporciona la Ingeniería ambas necesitan plantear modelos: una para resolver problemas y la otra para generar conocimiento. La Ingeniería manipula, combina y extrapola los conocimientos científicos y empíricos de las ciencias naturales y sociales para formar un puente entre ellos y una aplicación concreta solicitada por un cliente que puede ser una persona, una empresa o una institución. La creación o innovación de sistemas y procesos se logra por medio de la resolución de problemas prácticos, restringidos por las circunstancias, con varias formas de llegar a su solución y a múltiples alternativas de respuesta, de entre las que se debe seleccionar la óptima o la mejor, usando un criterio económico-social y en un tiempo limitado.

Si tuviéramos que dividir el campo de la Ingeniería ésta sería representada por la Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería en Sistemas y la Ingeniería Química. De éstos cinco grupos se desprenden profesionistas destacados, los ingenieros químicos son numéricamente el grupo más pequeño, sin embargo, este grupo relativamente reducido consigue una posición muy prominente en muchas industrias, y los ingenieros químicos son, generalmente, los más altos en lo que a sueldos se refiere. Adicionalmente, muchos ingenieros químicos han encontrado la manera de colocarse en puestos de alta dirección en muchas empresas importantes de sectores como el del petrolero, energético, fibras sintéticas, plásticos y otros. Incluso un director de la CIA, John M. Deutch, era un ingeniero químico.

Aunque la Ingeniería Química se basa fuertemente sobre el conocimiento existente en disciplinas clásicas como la Matemáticas, la Física, la Química y la Biología, la Ingeniería Química no es simplemente la combinación o la simple aplicación de estas disciplinas. En la actualidad, la

complejidad de los fenómenos encontrados en la industria de procesos ha obligado a los ingenieros químicos a desarrollar conceptos y métodos novedosos que integren en el análisis y operación una amplia variedad de procesos que ocurren simultáneamente.

Típicamente, el campo de desarrollo de los ingenieros químicos está con los procesos químicos que convierten materia prima en los valiosos productos para diversas aplicaciones. La Ingeniería Química realmente es una Ingeniería que se ocupa de campos concretos de la física y la matemática, pero especialmente combinados con la Química, pero ¿Qué nos hace diferentes de los demás profesionistas dedicados a la Ingeniería?, en muchas partes se dan definiciones para aclarar el punto pero casi sin ningún acuerdo, por ejemplo, el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) define a la Ingeniería Química como la aplicación de los principios de las ciencias físico-Químicas así como de las ciencias económicas y de las relaciones humanas, al desarrollo de los procesos mediante los cuales se trata la materia con el objeto de provocar cambios de estado físico, de composición Química o de contenido energético. Según Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQU), Ingeniería Química es una profesión en la que los conocimientos de ciencias básicas e Ingeniería, junto con los principios de la Economía y las Relaciones Humanas, obtenidos mediante el estudio, la experiencia y la práctica son aplicados mediante habilidades y actitudes en la creación de procesos y la generación de productos y servicios, fundamentales en el ámbito de la Industria Química en beneficio de la Humanidad. Asociaciones europeas dicen que la Ingeniería Química tiene como objetivo final la transformación de materias primas en productos útiles mediante aplicación de procesos de tipo físico y químico, empleando de forma eficiente los recursos energéticos y preservando el medio ambiente. Para ello, ha de nutrirse de los fundamentos que proporcionan las leyes de la naturaleza y las leyes económicas, base de la Ingeniería Química, y que delimitan su campo de acción. Otros dicen que la Ingeniería Química es la rama de la Química que tiene por objeto concebir, calcular, diseñar, hacer construir y hacer funcionar el equipo en el cual se ha de llevar a cabo una reacción Química cualquiera a escala industrial o toda operación de análisis inmediato, además la definen como algo que comprende las actividades relacionadas con la producción rentable de cosas útiles por procesos que implican fenómenos químicos o físico-químicos en una o más etapas o como el conjunto de métodos y técnicas utilizadas por los ingenieros en la industria química, pero lo cierto es que Ingeniería Química abarca una gama amplísima de actividades, un panorama vasto de posibilidades y va más allá, en muchos casos, de una formación típica de Ingeniería y se podría definir con esto, más extensamente, como la generación y aplicación de conocimientos y medios de las ciencias físicas, químicas, biológicas, de las matemáticas y de las Ingenierías, en el análisis, administración, dirección, mejora continua,

innovación, supervisión y control de procesos o proyectos en los cuales ocurren cambios físicos, químicos y bioquímicos para transformar materias primas en productos elaborados o semielaborados, con excepción de los químicos farmacéuticos, de manera rentable así como el diseño, construcción, montaje de plantas y equipos para estos procesos, su optimización y mejora, en toda entidad, Universidad, laboratorio o instituto de investigación que demande o genere esos conocimientos. Realiza los estudios de factibilidad económica que permiten el funcionamiento óptimo de las plantas de manera beneficiosa para el proceso de desarrollo además de determinar también, su localización y puede asimismo intervenir en la comercialización de los productos que se deriven de sus actividades, así que como se ve no cabe una definición rígida, cuadrada y limitada sino que por el contrario se podrían agregar elementos ya que es una Ingeniería completa, integral y muy maleable.

La investigación en Ingeniería Química tiene sus propias características:

- Adopta el conocimiento existente en otras disciplinas para resolver sus propios problemas.
- Ofrece nuevos objetivos, fenómenos, operaciones y procesos a estas disciplinas los cuales frecuentemente requieren investigación específica en nuevas áreas.
- Puede proporcionar soluciones a problemas encontrados en áreas adyacentes, por ejemplo, el dominio que se tiene de los fluidos bifásicos se proyecta hacia los físicos o la catálisis en lecho fluidizado hacia los químicos.
- Desarrolla su propia metodología, para el trabajo experimental (como el análisis dimensional, el escalamiento, la similitud dinámica); para la selección, diseño, simulación y optimización de Procesos.

### **Importancia de la Ingeniería Química.**

Las grandes y pequeñas obras en la Ingeniería están vinculadas a la solución de los problemas más inmediatos de la población, muy especialmente en lo relativo a la optimización en el uso de los recursos limitados de que dispone un país, especialmente el agua, la energía y los materiales. Hoy en día la Ingeniería Química determina en mucho el poder económico y autosuficiencia de un país, ya que de ella se desprenden producciones de compuestos estratégicos que determinan su vanguardia y su solidez.

El crecimiento de las industrias químicas y la formación de químicos profesionales ha tenido una correlación interesante. Hasta hace unos 150 años, los químicos no recibían formación profesional. La Química avanzaba gracias al trabajo de los que se interesaban en ella, pero éstos no hacían ningún esfuerzo sistemático por formar a nuevos trabajadores en ese campo, o sea que avanzaba más por ganas que por disponer de un esquema adecuado de desarrollo. Los médicos y los aficionados con recursos contrataban a veces ayudantes, de los cuales sólo unos pocos continuaban la labor de su maestro.

A principios del siglo XIX se modificó este sistema casual y empezó a tomar forma la educación Química. En Alemania, país con una larga tradición de investigación, se empezaron a crear universidades en sus provincias. En Giessen se dio el primer avance importante, el químico alemán Justus von Liebig fundó un centro de investigación Química<sup>1</sup>. Este primer laboratorio de enseñanza tuvo tanto éxito que atrajo a estudiantes de todo el mundo. Poco después otras universidades alemanas siguieron con la estrategia pertinente para formar sus propios laboratorios. De esta forma, se empezó a generar a un gran grupo de químicos jóvenes en la época en que las industrias comenzaban a explotar y experimentar con los nuevos descubrimientos. Esta explotación comenzó durante la Revolución Industrial. Los laboratorios de esas industrias en franco desarrollo podían emplear a los estudiantes recién formados y también podían contar con los profesores de la universidad como asesores. Esta interacción entre las universidades y la industria química benefició a ambas, y fomentó el rápido crecimiento de la industria de la química orgánica hacia finales del siglo XIX que a su vez dio origen a los grandes consorcios tintoreros y farmacéuticos que otorgaron a Alemania el predominio científico en ese campo hasta la I Guerra Mundial.

Después de la guerra, el sistema alemán se introdujo en todas las naciones industriales del mundo, y la Química y las industrias químicas progresaron aún más rápidamente. Entre otros desarrollos industriales recientes se encuentra el incremento del uso de los procesos de reacción que utilizan enzimas, debido principalmente a los bajos costos y altos beneficios que pueden conseguirse. En la actualidad las industrias están estudiando métodos que utilizan la Ingeniería genética para producir microorganismos con propósitos industriales de lo que seguramente saldrá una especialidad más para la Ingeniería Química.

<sup>1</sup> Peppas, Nikolaos A. One hundred years of Chemical Engineering: The origins of academic Chemical Engineering; From Lewis M. Norton (M.I.T. 1888) to Present, Kluwer Academic Publishers, 1989. pp. 1.

La Ingeniería Química ha seguido creciendo hasta lo que es ahora, y se le puede mencionar sin temor a caer en algún error, como un engranaje de suma importancia en el motor que representa la economía y el desarrollo de un país. Durante el último Siglo, los ingenieros químicos han hecho tremendas contribuciones a la forma de vivir de la sociedad. Para celebrar estos logros, el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) ha compilado una lista de los 10 más grandes logros de Ingeniería Química<sup>2</sup>. Estos triunfos se resumen aquí:

• *El Átomo.*

La biología, medicina, metalurgia, y generación de potencia se revolucionaron cuando la Ingeniería Química tuvo la habilidad de descomponer al átomo y aislar los isótopos. Los ingenieros químicos jugaron un papel prominente logrando estudiar ambas cosas. Rápidamente y con las facilidades de la planta química de Hanford de DuPont se usaron estos descubrimientos y técnicas para traer una conclusión abrupta a la Segunda Guerra Mundial con la producción de la bomba atómica. Hoy estas tecnologías han encontrado los usos en las aplicaciones más pacíficas. Los médicos usan los isótopos ahora para supervisar las funciones corporales; las arterias y venas y la actividad cerebral. Sin duda, la medicina es la más beneficiada con estos hallazgos. Análogamente biólogos ganan visión inestimable en los mecanismos básicos de la vida y arqueólogos pueden fechar sus resultados históricos con precisión entre otras cosas se puede generar electricidad a partir de una planta núcleo-eléctrica y un sin fin de aplicaciones más.

• *La Era Plástica.*

El Siglo XIX vio los adelantos relevantes en la química de polímeros. Sin embargo, requirió las visiones de ingenieros químicos durante el Siglo XX polímeros con una realidad económica viable y un proceso óptimo. Cuando un plástico llamado Baquelita se introdujo en 1908 chispeó el alba de la Era plástica y rápidamente se encontraron usos en el aislamiento eléctrico, tapones y los enchufes, bases del reloj, asas y la joyería de moda. Hoy el plástico se ha puesto tan común que nosotros que apenas notamos que existe, componentes y partes de automóviles, aparatos electrónicos, ropa deportiva, calzado y hasta la estancia en la oficina se vería inconcebibles hoy en día sin los polímeros. Casi todos los aspectos de la vida moderna son profunda y positivamente impactados por la química de los polímeros.

<sup>2</sup> Reynolds, Terry S. *75 Years of Progress: A History of the American Institute of Chemical Engineers 1908-1983*. New York: American Institute of Chemical Engineers, 1983.

- *El Reactor Humano.*

Los ingenieros químicos han estudiado complejos procesos químicos por mucho tiempo dividiéndolos en pequeños procesos llamados operaciones unitarias que en conjunto completan el proceso complejo original. La introducción de este concepto se le adjudica a George E. Davis que en 1904 publicó la segunda edición de su Manual del Ingeniero químico<sup>3</sup>. De las operaciones unitarias nacieron los cambiadores de calor, filtros, reactores químicos y otros equipos para completar la operación y cosas así. Afortunadamente este concepto también se ha aplicado al cuerpo humano. Los resultados de tal análisis han ayudado a que mejore el cuidado clínico, las mejoras en el diagnóstico y dispositivos terapéuticos llevó a las maravillas mecánicas como los órganos artificiales. Los médicos y los ingenieros químicos continúan trabajando mano a mano para ayudarnos con vidas más plenas y más largas.

- *Medicinas para toda la gente.*

Los ingenieros químicos pudieron tomar cantidades pequeñas de antibióticos desarrolladas por personas como Sir Arthur Fleming (quien descubrió la penicilina en 1929) y aumentar sus rendimientos varias veces a través de la mutación y las técnicas de preparación especiales. El precio bajo de hoy y el volumen alto de estas medicinas deben su existencia al trabajo de ingenieros químicos. Esta habilidad de traer los materiales escasos a todos los miembros de sociedad a través de la creatividad industrial es una característica definida de la Ingeniería Química que ha optimizado los procesos para que esto sea una realidad rentable para las empresas, óptima y al alcance de cualquier persona.

- *Las fibras sintéticas.*

Las mejores amigas de las ovejas. De las mantas y ropa a las camas y almohadas, las fibras sintéticas nos guardan calientes, cómodos, y proporcionan el resto de una buena noche. Las fibras sintéticas también ayudan a reducir la tensión en las fuentes naturales de algodón y lana, y puede entallarse a aplicaciones específicas. Por ejemplo; las medias de nylon hacen ver las piernas jóvenes y atractivas mientras los chalecos de prueba de balas dejan fuera de cualquier daño a las personas que lo portan además de fibras térmicas y ropa más cómoda, estética, ligera y durable.

---

<sup>3</sup> Peppas, Nikolaos A. *One hundred years of Chemical Engineering: The origins of academic Chemical Engineering: From Lewis M. Norton (M.I.T. 1888) to Present.* Kluwer Academic Publishers, 1989. pp. 5.

- *El Aire licuado.*

Quando se enfría el aire a temperaturas muy bajas (aproximadamente 320 °F bajo cero) se condensa en un líquido. Los ingenieros químicos pueden separar entonces los componentes diferentes y de paso purificar el aire. El nitrógeno purificado puede usarse para recuperar el petróleo, comida congelada, producir semiconductores, o prevenir las reacciones no deseadas mientras el oxígeno se usa para hacer acero, fundir cobre, soldar metales y apoyar las vidas de pacientes en los hospitales y contener compuestos químicos peligrosos y preservar tejido biológico trascendental para investigación u operaciones.

- *El ambiente.*

Los ingenieros químicos proporcionan respuestas económicas para limpiar la pérdida de ayer y prevenir la polución de mañana. Los convertidores catalíticos, la gasolina reformulada y los limpiadores de humo ayudan a que todo el ambiente se limpie y fomenta su preservación. Adicionalmente, la ayuda de los ingenieros químicos reduce la explotación en los materiales naturales a través de los reemplazos sintéticos, procesos más eficaces y las nuevas tecnologías además de separar desechos industriales y fomentar el reciclado de energía y materiales dentro de procesos y materias primas, reciclado y separaciones que sirven inclusive para venderlos como compuestos esenciales de materia prima para otros procesos industriales.

- *Los alimentos.*

Las plantas necesitan cantidades grandes de nitrógeno, potasio y fósforo para crecer en abundancia. Los fertilizantes químicos pueden ayudar proporcionando estos nutrientes a cosechas que a su vez nos proporcionan una dieta dadivosa y equilibrada. Los fertilizantes son especialmente importantes en ciertas regiones de Asia y África donde la comida a veces puede ser escasa. Los adelantos en la biotecnología también ofrecen potencial al aumento en la producción mundial de alimentos. Finalmente, los ingenieros químicos están en la vanguardia de comida que se procesa donde ellos ayudan creando comida con mejor sabor y más nutritiva bajo un proceso más rentable.

• *Petroquímica: Oro Negro.*

Los ingenieros químicos ayudaron desarrollando procesos como el cracking catalítico de petróleo para romper las moléculas orgánicas complejas encontradas en el aceite crudo en especies mucho más simples. Estas fracciones se separan y se recombinan para formar muchos productos útiles incluyendo: la gasolina, aceites lubricante, plásticos, caucho sintético, y las fibras sintéticas. El petróleo procesando se reconoce por consiguiente como una tecnología habilitada sin la cual, mucha de la vida moderna dejaría de funcionar ya que el petróleo es fundamental para el desarrollo y solvencia económica de un país sin dejar atrás la planeación para su correcta explotación y comercialización en donde el ingeniero químico también hace sus aportaciones.

• *Corriendo en hule sintético.*

Los ingenieros químicos jugaron un papel prominente desarrollando la industria del hule sintético, los llamados SBR's. Durante la Segunda Guerra Mundial, la capacidad de hule sintético se volvió de repente de importancia superior. Esto era porque la sociedad moderna corre en este copolímero. Los neumáticos, empaquetaduras, mangas, y bandas transportadoras (para no mencionar algunos tipos de calzado) es todo hecho de hule.

**La Ingeniería Química y la sociedad.**

El corazón real de la Ingeniería Química es el dominio de los fundamentos pero también capacidad tecnológica y creatividad para concebir nuevos productos y nuevos principios operacionales de manera ética y responsable con el ambiente.

El objetivo de la investigación básica en Ingeniería Química es el desarrollo de conceptos y métodos para entender mejor y diseñar procesos en los cuales materias primas y energía son transformadas en productos exitosos y así formar parte de la creación de valor.

La investigación aplicada por supuesto estará colocada en medio entre la ciencia básica y las necesidades humanas que los productos en el mercado pretenden satisfacer.

La Química ha tenido una influencia enorme sobre la vida humana. En otras épocas las técnicas químicas se utilizaban para aislar productos naturales y para encontrar nuevas formas de utilizarlos. En el siglo XIX se desarrollaron técnicas para sintetizar sustancias nuevas que eran mejores que las naturales, o que podían reemplazarlas por completo con gran ahorro. Al aumentar la complejidad de los compuestos sintetizados, empezaron a aparecer materiales totalmente nuevos para usos modernos. Se crearon nuevos plásticos y tejidos, y también fármacos que acababan con todo tipo de enfermedades. Al mismo tiempo empezaron a unirse ciencias que antes estaban totalmente separadas. Los físicos, biólogos y geólogos habían desarrollado sus propias técnicas y su forma de ver el mundo, pero en un momento dado se hizo evidente que cada ciencia, a su modo, era el estudio de la materia y sus cambios. La Química era la base de todas ellas. La creación de disciplinas inter-científicas como la geoquímica o la Bioquímica ha estimulado a todas las ciencias originales.

El progreso de la ciencia en los últimos años ha sido espectacular, aunque los beneficios de éste ha acarreado los riesgos correspondientes. Los peligros más evidentes proceden de los materiales radiactivos, por su potencial para producir cáncer en los individuos expuestos y mutaciones en sus hijos. También se ha hecho evidente que la acumulación, en las plantas o células animales, de pesticidas (que antes se consideraban inocuos), o de productos secundarios de los procesos de fabricación, suelen tener efectos nocivos. Este descubrimiento, lentamente reconocido al principio, ha llevado a establecer nuevos campos de estudio relacionados con el medio ambiente y con la ecología en general.

Los retos que la Ingeniería Química debe enfrentar en los años venideros son bien conocidos: nuevas fuentes de materiales y de energía, procesamiento de alimentos con nuevas tecnologías y nutrición, salud (contribuyendo con su dominio de procesos biotecnológicos y con su capacidad de Ingeniería de procesos a favorecer la producción masiva de componentes activos y en general de medicamentos); diseño con seguridad de procesos y productos, aseguramiento de calidad en el proceso y en la reacción química; protección del medio ambiente, ir caminando hacia un desarrollo sustentable con equidad social y atender, de manera creativa, las necesidades particulares de los países en desarrollo.

## **CAPÍTULO II FORMACIÓN GENERAL DEL INGENIERO QUÍMICO.**

### **Misión del Ingeniero químico.**

Todo profesional ha cumplir la misión para la cual su carrera fue concebida, ésta es la parte central de la enseñanza en las universidades y en el desempeño del estudiante ya como profesionista. En el caso de la Ingeniería Química, una formación integral implica:

- Colaborar activamente en la detección de necesidades sociales reales y participar en forma prioritaria en la creación de valor en producción de satisfactores por medio de la instalación y operación de plantas industriales rebasando siempre las expectativas de la misma sociedad.
- Lograr la eficiencia y optimización en la producción, sin crear condiciones de riesgo y evitando trastornos y daños a la ecología, mediante mejoras técnicas en el proceso, la utilización racional de los recursos materiales y la administración adecuada de los recursos humanos.
- Adaptar, desarrollar y emplear en forma creativa y responsable proyectos, tecnología, construcción, instalación y arranque de las plantas de procesos químicos evaluando correctamente el entorno interno y externo del país en donde se desenvuelva su actividad.
- Innovar en la investigación y desarrollo de equipo y herramientas en las cuales se basa su actividad, y de procesos para la mejora continua de los mismos.

Muchas son las necesidades en la industria química del mundo pero se puede decir que los principales retos a que se enfrenta un ingeniero químico son los señalados por empresas importantes que son las que representan la vanguardia y el liderazgo tecnológico. Aquí algunos de éstos:

- Conceptuar, calcular, diseñar y operar el equipo a utilizar en su tarea industrial o de investigación a cualquier escala.
- Análisis, mejora, innovación y supervisión además del control de procesos y proyectos industriales y de investigación.
- Realizar estudios de factibilidad económica de productos y plantas químicas industriales.

- Dirigir proyectos y vigilar la construcción de las unidades industriales y de las plantas piloto así como participar en el arranque de dichos complejos y supervisar su funcionamiento.
- Mejorar la calidad del producto, el rendimiento y la capacidad de producción de la planta química.
- Precisar la aplicación de los productos a fin de responder a las necesidades del cliente y superar sus expectativas y en general participar activamente en la creación de valor.
- Preservar el medio ambiente.

La globalización es una realidad innegable que acarrea un cambio tecnológico de alta velocidad. En este panorama global, la Ingeniería juega un papel muy importante ya que estimula el crecimiento de un país. Es en parte gracias a ella que la sociedad puede contar con avances tecnológicos en todos los ámbitos imaginables y es particularmente importante y esencial para países en vías de desarrollo como México ya que su futuro estará basado e influenciado directamente en su capacidad para crear y aplicar tecnología y más aún, para plantearse nuevos retos, un ingeniero debe crear, innovar y mejorar las cosas que le competen y no simplemente dejarlas ser.

#### **Objetivos de la carrera de Ingeniería Química.**

El objetivo de la carrera de Ingeniería Química, en general, es formar profesionales con capacidad creativa y analítica que le permita plantear correctamente los problemas que se le presenten en la producción de bienes y servicios para una eficaz explotación y un eficiente aprovechamiento de los recursos, ampliar capacidad en el diseño, construcción, manejo, control y administración de equipo y plantas de procesos químicos en los que se transforman las materias primas para la industria y fomentar el interés por el estudio sistemático de los problemas ambientales y, fundamentalmente, atender la necesidad de desarrollo integral de la industria química de su país.

### **Perfil general de ingeniero químico.**

Lo más importante en cuanto al establecimiento de un perfil del egresado es su congruencia con los reclamos sociales actuales y previsibles. En países en vías de desarrollo el perfil del ingeniero químico debe estar contemplado para poder implementar los avances tecnológicos que surgen en los países desarrollados, así como para poder compensar los rezagos industriales que sufre ese país. Las empresas, la industria y el exterior tienen presentes sus procesos, sistemas y necesidades al hacer sus reclamos a la universidad, pero pierden de vista la naturaleza del proceso de enseñanza-aprendizaje y los sistemas educacionales. Es por esto que es necesario "traducir" los reclamos sociales a términos que sean operativos y que tengan eficiencia en las aulas. Para establecer qué se requiere de un egresado que sea capaz de manejar la ambigüedad o incertidumbre en las decisiones es necesario contestar a una pregunta: ¿Qué se debe de enseñar a una persona para que sea capaz de manejar la incertidumbre, adecuarse al cambio, trabajar en equipo y resolver problemas?.

Las características que se buscan desarrollar en el egresado de Ingeniería Química, se dividen en:

**Conocimientos:** El ingeniero químico debe tener conocimientos sólidos en Ciencias básicas como Matemática, Física, Química; en ciencias aplicadas, físico-químicas, ingenierías, ciencias económicas y administrativas y en materias auxiliares para resolver los problemas o situaciones que se le presenten en la vida profesional ya sea en planta, gabinete o investigación. Debe contar con conocimientos comprendidos e integrados, más bien amplios que especializados.

**Capacidades y Habilidades:** Los conocimientos, muchos o pocos, son estériles si el ingeniero no cuenta con las habilidades intelectuales para manejarlos en contextos variados y novedosos. El egresado debe contar con capacidad experimental, debe también poder analizar y evaluar las transformaciones físico-químicas de las materias primas para obtener productos útiles y rebasar las expectativas de sus compradores o beneficiarios. Utilizando elementos que el ingeniero domina bastante bien como la observación, el análisis, la síntesis y la evaluación, debe tomar decisiones bajo presión de tiempo y elegir la mejor alternativa. Capacidad de autoaprendizaje para no estar aislado y mantenerse actualizado en sus conocimientos y en su entorno cultural, político y social. Creatividad y experiencia para plantear y resolver problemas. Debe ejercer eficientemente su capacidad de comunicación oral y escrita para tener una perfecta comunicación con sus colegas y miembros de otras disciplinas. Capacidad de organización y administración de trabajo en equipo interdisciplinario, en donde debe ejercer relaciones humanas eficientes y adaptarse a los cambios y

deberá asimismo, con su formación, adquirir las actitudes más destacadas de los Ingenieros químicos: Responsabilidad, honestidad, productividad y persistencia.

**Actitudes y Valores:** Debe actuar éticamente, con responsabilidad y honradez, siendo un crítico consciente del impacto de su trabajo en el medio ambiente y en la sociedad; debe ser líder, solidario e integrarse efectivamente a la sociedad con sentido práctico y espíritu de servicio. Debe de ser una persona emprendedora y tener iniciativa empresarial.

### **Funciones profesionales del ingeniero químico.**

El egresado de la carrera de Ingeniería Química debe ser un profesionista preparado para desarrollar actividades tales como:

- Creación de valor.
- Ingeniería básica.
- Ingeniería de procesos.
- Simulación de procesos.
- Optimización de procesos.
- Control de procesos.
- Ingeniería de servicios.
- Ingeniería de proyectos.
- Selección y especificación de equipo.
- Diseño y cálculo de equipo.
- Instrumentación.
- Planeación.
- Evaluación de proyectos.
- Arranque de plantas o complejos industriales.
- Supervisión de procesos y producción.
- Investigación y desarrollo.

El egresado deberá también poseer los conocimientos teóricos y la capacidad y habilidad experimental para:

- Colaborar dentro de grupos de investigación.

- Planear, modificar y evaluar algunas metodologías experimentales y tecnologías de producto.
- Tener conciencia de la importancia del aprovechamiento integral de los recursos naturales del país e intervenir en la investigación y desarrollo de tecnologías apropiadas.
- Reproducir en el laboratorio lo informado en la bibliografía en cuanto a los procesos sintéticos y analíticos o a la formulación de productos terminados.
- Llevar a cabo y desarrollar en el laboratorio análisis para la caracterización y control de productos químicos.
- Adiestrar, entrenar y orientar al personal bajo su responsabilidad.
- Incorporarse a cualquier sector específico de su campo de actividades y cambiar de área de trabajo químico sin mayores problemas. Debe tener capacidad para adaptarse al cambio.

### **CAPÍTULO III ENSEÑANZA EXPERIMENTAL EN INGENIERÍA QUÍMICA.**

Como se ha tratado, en general podemos decir que el ingeniero químico estudia la composición y características físicas y químicas de los materiales que crean productos y servicios industriales de manera rentable. Entre sus actividades se encuentran el de diseñar, seleccionar equipo, decidir la localización de las plantas de producción, su operación, supervisión y administración así como la comercialización de los bienes y productos, además de que realiza escalamiento de procesos de laboratorio a nivel industrial y logra reproducir fenómenos y procesos reportados en la literatura también a este nivel, pero todo lo anterior no se logra con sólo formación teórica ya que los inconvenientes propios de la Química como repetitividad del fenómeno, condiciones en que se reproduce, factores físico-químicos y operativos que alteran las variables del proceso y el propio escalamiento, todo lo anterior actividad cotidiana del ingeniero químico, se aprende únicamente si se ve, si se experimenta. Lo primero que se le enseña a un ingeniero químico es que la Química es una ciencia de trato experimental y que no necesariamente se podrá lograr una reacción con condiciones del laboratorio a nivel industrial aunque esta este perfectamente documentada y estudiada ya que en el escalamiento intervienen variables que el un laboratorio no resultan un factor determinante para su estudio. Es aquí donde toma relevancia la enseñanza experimental, ya que sólo así un ingeniero tendrá las herramientas suficientes para poder entender que no siempre la mejor opción, desde el punto de vista técnico, se puede realizar y que a veces una alternativa que teóricamente dicta ser menos eficiente es la más apropiada y productiva en una planta y la que menor número inconvenientes trae consigo.

Por aprender se entiende básicamente a adquirir el conocimiento de alguna cosa por medio del estudio o de la experiencia, se tiene que construir y no se recibe de forma pasiva, se construye de forma activa. Es un proceso que se da en seres vivos y activos; es una forma de actividad. Educar es promover en el alumno el aprendizaje de conocimientos, el desarrollo de habilidades para usar dichos conocimientos y las actitudes pertinentes para servir a la profesión y a la sociedad.

Teóricamente dentro del proceso enseñanza-aprendizaje debería de existir un equilibrio entre los conocimientos, las habilidades y las actitudes, la realidad es que se polariza este equilibrio generalmente hacia la impartición de conocimientos para cumplir con el programa de estudios de

las diferentes materias de la carrera. El desarrollo de habilidades y el reforzamiento de actitudes son más importantes que el aprendizaje de conocimientos o conceptos. Una habilidad se desarrolla si se le practica y no importa tanto el equipo sino la posibilidad de estimular que el alumno piense por sí mismo al manejarlo.

Aprender no implica solamente adquirir conocimientos de hechos mediante el estudio, la experiencia o ambos. Aprender efectivamente es "apropiarse" de un conocimiento, para que junto con las consecuencias de haber hecho un esfuerzo para aprenderlo forme parte de la propia persona.

### **Importancia de la parte experimental en la enseñanza de la Ingeniería Química.**

Una vez planteadas las características fundamentales de ciencia y la Ingeniería y el perfil del egresado surge una pregunta: ¿Cómo enseñar efectivamente estas disciplinas de tal manera que se puedan lograr los perfiles deseados?.

Los principales campos de trabajo del egresado en Ingeniería Química son, como ya se ha visto:

- Ingeniería de procesos.
- Ingeniería de proyectos.
- Ingeniería ambiental.
- Desarrollo de nuevos productos.
- Supervisión de la producción.
- Ingeniería de alimentos.
- Investigación.

Pero todas estas áreas tienen en común que llevan un contenido fuertemente experimental, una formación que requiere y se basa en la experiencia, en el manejo de situaciones y circunstancias que sólo se pueden percibir si se realizan actividades en un laboratorio, de aquí que se planeen prácticas experimentales para ayudar al alumno a desarrollar sus habilidades y a familiarizarse con el trabajo que hará ya como profesional ya que un egresado sin un grado suficiente de habilidades desarrolladas no es propiamente un ingeniero. En términos generales, las prácticas de laboratorio deben perseguir que el alumno aprenda cosas valiosas para su ejercicio profesional.

Algunos postulados metodológicos que respaldan la importancia de la parte experimental en la educación del ingeniero químico son:

- El aprendizaje se va dando en forma gradual, integrándose con conocimientos anteriores y de acuerdo a las capacidades del que aprende.
- El sujeto sólo aprende por sí mismo. En consecuencia es necesario promover la actividad, sea intelectual, efectiva o física del mismo alumno.
- El aprendizaje tiene mayor potencial de significatividad para el sujeto si lo aplica, generaliza y comprueba.
- Desde el punto de vista educativo, es más importante la forma en que se aprende un conocimiento que el conocimiento en sí.
- Un principio científico o empírico se aprende mejor si se descubre.

Es oportuno mencionar un estudio realizado por la Socony Vacuum Oil Company en Estados Unidos<sup>4</sup> que concluye que los estudiantes retienen un 10% de lo que leen, 26% de lo que escuchan, 30% de lo que ven, 50% de lo que ven y escuchan, 70% de lo que ellos mismo dicen y 90% de lo que hacen, de aquí la importancia de la enseñanza experimental en Ingeniería Química.

El aprendizaje se va dando en forma gradual, integrándose con conocimientos anteriores y de acuerdo a las capacidades del que aprende pero un concepto se capta mejor por el alumno cuando ponen en juego varios sentidos, entiende conceptos relacionados, los relaciona con otros a su vez y, al conjunto, lo conecta con la realidad, mecanismo que se expresa perfectamente en la frase de Confucio que dicta: "Se le dijo y lo olvidó, lo vió y lo creyó, lo hizo y lo comprendió" o dicho de otra manera, "Más vale una imagen que mil palabras"<sup>5</sup>.

Los objetivos prioritarios para la enseñanza experimental en Ingeniería Química para profesores y alumnos son, fundamentalmente:

- Enfrentar al alumno con problemas reales.
- Aplicar los conocimientos a objetos y situaciones reales.
- Desarrollar la habilidad para resolver problemas.

<sup>4</sup> Anaya D., Alejandro. *Estilos de enseñanza-aprendizaje y aprendizaje en equipo en Ingeniería Química*. Vol. 6, # 4, 1995.  
<sup>5</sup> Sather, G.A. & Coca, J. *The operations and process laboratory*: Chemical education, Summer 1998. pp. 141.

- Promover la habilidad para observar y manejar datos técnicos e interpretar resultados.
- Fomentar la habilidad para trabajar en equipo.
- Desarrollar la creatividad.
- Desarrollar la capacidad de planear.
- Desarrollar la capacidad para organizar.
- Capacitar al estudiante en el manejo de equipos dentro de ciertos límites de seguridad.
- Incrementar la confianza en sí mismo.
- Desarrollar la capacidad de liderazgo.
- Desarrollar la habilidad para comunicar resultados tanto en forma oral como escrita.
- Desarrollar la habilidad para trabajar individualmente.
- Formar cierto juicio para la Ingeniería.
- Desarrollar una ética profesional.

#### **Vinculación teoría-laboratorio.**

La enseñanza de la Química o la Ingeniería Química se da o no en función de lo que sucede en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este proceso los agentes principales son los alumnos, los maestros y los medios. Todo debe girar hacia lograr un cambio favorable en el alumno y para conseguirlo se debe seguir un método, un procedimiento adecuado cuya validez esté soportada por los principios metodológicos sólidos.

Es común, y no sólo en esta universidad, que el problema más grave en este sentido se presente en la vinculación de la enseñanza de la teoría y el laboratorio. Este proceso debe ser sinérgico, la teoría debe sentar las bases del laboratorio pero también este último debe aportar todo lo que en las aulas no se puede enseñar además de que debe desarrollar las habilidades y capacidades que se desean posea el egresado y no deben ser dos cosas diferentes, dos cursos independientes y dos cursos separados temáticamente como suele pasar. Se debe poder mejorar tanto la vinculación de estas dos partes, que en realidad son integrales, para dar una preparación sólida al alumno y mejorar el desempeño del laboratorio en sí, ya que éste muchas veces resulta fuera de contexto al ser más bien un obstáculo en la formación del ingeniero que un trampolín y una plataforma para su desarrollo. La manera más eficaz de conectar la teoría con la práctica, que a final de cuentas se traducirá en conectar la educación universitaria con la vida profesional, es

desarrollando el razonamiento y las habilidades, que por definición son herramientas para manejar y aplicar el conocimiento.

Quando un alumno visita una planta o un laboratorio generalmente se impresiona con el equipo que ve, regresa a la Universidad y exige que se adquieran aparatos semejantes a los que vió en su visita para aprender a operarlos durante sus estudios y salir ya preparado para lo que le espera en su vida profesional y menosprecia los que tiene a su alcance en los laboratorios y lo más peculiar del asunto es que posiblemente se adquieran pero para cuando esto suceda y se enseñe al alumnado como usarlo y éstos a su vez dominen su operación, ese equipo ya habrá sufrido alguna modificación que el estudiante no aprendió en la escuela o las empresas ya lo habrán cambiado por otro más avanzado. La costumbre que se vuelve tentación y acción es ir cambiando la enseñanza experimental o las prácticas de laboratorio en función de los avances en equipos y aparatos. Para mejorar los laboratorios hay que empezar a considerar sus objetivos y no solamente modernizar los equipos e instalaciones ya que mejorar o aumentar los medios no necesariamente conduce a mejorar el objetivo que se persigue al usarlos y esta información se le debe transmitir al alumno ya que muchas de sus quejas derivan del hecho de que no se le inculca en su educación este proceso.

A final de cuentas el trabajo experimental persigue los mismos objetivos que la teoría o cualquier otra actividad universal curricular o extracurricular: El aprendizaje del alumno que lo conduzca a formarse como persona e ingeniero además de ampliar su horizonte de conocimientos, desarrollar sus habilidades para manejar los conocimientos y reforzar ciertas actitudes que le lleven a ser mejor profesionista pero la enseñanza experimental provee algo que en las aulas de teoría no se enseña, el encuentro directo con el fenómeno.

## **CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE UNIVERSIDADES MEXICANAS EN INGENIERÍA QUÍMICA.**

### **Instituto Politécnico Nacional.**

El Instituto Politécnico Nacional espera formar profesionales para el campo de la investigación, por lo que su parte experimental es fuerte en ese sentido dando un mayor énfasis a la parte de Ciencias Básicas e Ingeniería ya que también se espera formar egresados con fuerte tendencia a la Ingeniería de procesos y operaciones básicas de Ingeniería más que a otra áreas del campo de la Ingeniería Química.

Debido al perfil de profesionales que espera formar, la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del IPN cuenta con instalaciones que hacen de sus objetivos algo muy fácil de lograr. Quizá sea la escuela con más carga académica, desde las ciencias básicas en donde salen con fuertes y sólidos conocimientos hasta las operaciones unitarias e Ingeniería de procesos en donde su formación técnica les permite desempeñar una labor destacada.

Su plan de estudios se cursa en nueve semestres; del 1° al 5° se hacen visitas industriales y del 6° al 8° se efectúan prácticas profesionales lo que provee al estudiante de cierta experiencia en el campo para el desempeño laboral.

La enseñanza experimental tiene una prioridad muy alta en el programa de estudios ya que la mayor parte de la formación del ingeniero químico está sustentada en esta parte. Sin embargo la excesiva carga de trabajo, a pesar de dar una formación muy buena en operación de plantas y, en general, en Ingeniería de procesos como ya se vió, no deja tiempo para el estudio independiente del los alumnos ni para motivaciones personales que también forman parte de una buena educación universitaria.

La forma de enseñar el laboratorio es tradicionalista pero muy efectiva, mezclando guiones experimentales con problemas abiertos que los alumnos deben resolver se logra la combinación que da los resultados que se esperan en cuanto a formación.

## Programa de Ingeniería Química Instituto Politécnico Nacional.

Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Práctica	Créditos	Trimestre
Matemáticas I	Obligatorio	4.5	-	12	I
Química I	Obligatorio	4.5	3	14	I
Fisicoquímica I	Obligatorio	4.5	3	11	I
Física I	Obligatorio	4.5	2	14	I
Introducción a la Ingeniería	Obligatorio	4.5	-	6	I
Visita industrial I	Obligatorio	-	4.5	-	I
Matemáticas II	Obligatorio	4.5	-	12	II
Química II	Obligatorio	4.5	3	12	II
Fisicoquímica II	Obligatorio	4.5	3	14	II
Física II	Obligatorio	4.5	2	14	II
Análisis de problemas	Obligatorio	4.5	-	6	II
Visita industrial II	Obligatorio	-	4.5	-	II
Matemáticas III	Obligatorio	4.5	-	9	III
Química III	Obligatorio	4.5	3	13	III
Fisicoquímica III	Obligatorio	4.5	3	15	III
Análisis I	Obligatorio	4.5	3	10	III
Balances de materia y energía	Obligatorio	4.5	3	9	III
Electricidad aplicada	Obligatorio	4.5	2	8	III
Visita industrial III	Obligatorio	-	4.5	-	III
Matemáticas IV	Obligatorio	4.5	-	12	IV

Química IV	Obligatorio	4.5	3	13	IV
Fisicoquímica IV	Obligatorio	4.5	3	11	IV
Análisis II	Obligatorio	4.5	3	10	IV
Operaciones unitarias I	Obligatorio	4.5	3	11	IV
Visita industrial IV	Obligatorio	-	4.5	-	IV
Matemáticas V	Obligatorio	4.5	-	6	V
Química V	Obligatorio	4.5	3	13	V
Química analítica III	Obligatorio	4.5	3	10	V
Operaciones unitarias II	Obligatorio	4.5	3	11	V
Cinética Química y catalisis	Obligatorio	4.5	3	11	V
Optativa I	Obligatorio	4.5	-	6	V
Visita industrial V	Obligatorio	-	4.5	-	V
Diseño I	Obligatorio	4.5	-	9	VI
Economía Industrial I	Obligatorio	4.5	-	12	VI
Operaciones unitarias III	Obligatorio	4.5	3	11	VI
Ingeniería de reactores	Obligatorio	4.5	3	9	VI
Mecánica aplicada	Obligatorio	4.5	-	6	VI
Investigación de operaciones	Obligatorio	4.5	-	9	VI
Optativa II	Obligatorio	4.5	-	9	VI
Práctica industrial I	Obligatorio	-	4.5	-	VI
Diseño II	Obligatorio	4.5	-	9	VII
Economía industrial II	Obligatorio	4.5	-	12	VII
Operaciones unitarias IV	Obligatorio	4.5	3	11	VII
Ingeniería de procesos I	Obligatorio	4.5	3	9	VII

Electroquímica	Obligatorio	4.5	3	11	VII
Derecho laboral	Obligatorio	3	-		VII
Seguridad industrial e higiene	Obligatorio	4.5	-	9	VII
Optativa III	Obligatorio	4.5	-	9	VII
Practica industrial III	Obligatorio	-	4.5	-	VII
Instrumentación y control	Obligatorio	4.5	3	11	VIII
Diseño III	Obligatorio	4.5	-	9	VIII
Economía industrial III	Obligatorio	4.5	-	12	VIII
Operaciones unitarias V	Obligatorio	4.5	3	11	VIII
Ingeniería de procesos II	Obligatorio	4.5	3	9	VIII
Optativa IV	Obligatorio	4.5	-	9	VIII
Practica industrial IV	Obligatorio	-	4.5	-	VIII
Diseño IV	Obligatorio	4.5	-	9	IX
Economía industrial IV	Obligatorio	4.5	-	12	IX
Operaciones unitarias VI	Obligatorio	4.5	3	8	IX
Optativa V	Obligatorio	4.5	-	12	IX
Seminario de tesis	Obligatorio	4.5	-	12	IX
Relaciones industriales	Obligatorio	3	-	8	IX

### **Universidad Iberoamericana.**

La Universidad Iberoamericana es una escuela privada de inspiración cristiana, según sus estatutos. En sus orígenes, la UIA nace bajo la tutela de la UNAM, de aquí que las motivaciones en esta época sean más enfocadas al avance científico. Ve a la carrera como una necesidad social e industrial ante la situación del país en el momento en que se funda el departamento de Química en ésta. Por ahí de 1973 se separa de la UNAM y se incorpora a la SEP lo que, en sus propias palabras, les confiere una autonomía para ejercer ciertas actividades y elaborar ellos mismos y a su medida, los planes de estudios y con esto, un modelo educativo propio.

Pretende formar personas integrales, más que eruditos en una carrera, con compromiso y responsabilidad ante las problemáticas sociales en México, emprendedores y líderes en su quehacer. Poseen un área de integración que consta de un paquete de seis materias en donde un alumno interactúa con otros más de diferentes disciplinas ya que estas asignaturas son comunes para todas las licenciaturas, aquí se espera dar una fuerte influencia ética al perfil del egresado, aunque se le da mucha libertad y se le deja la responsabilidad de adquirir estos valores. Enfocados a la IQ, la UIA espera formar un ingeniero de procesos, ya que la concepción de la carrera para la institución se centra y se define como una Ingeniería de procesos por lo que la enseñanza de laboratorios es prioritaria aunque se le da mas importancia a las Ciencias básicas ya que casi no hay recursos para investigación en Ingeniería.

Para enriquecer la formación de un ingeniero en el plan de estudios vigente a la fecha se han implantado 3 subsistemas: Bioquímica, biotecnología, y materiales poliméricos, con esto se espera también encaminar una especialización a la medida de cada estudiante con materias optativas en cada subsistema aunque la mayoría de los egresados estudian posgrados en administración. La jefatura de la carrera considera como causa principal el que la escuela da suficiente énfasis al conocimiento de procesos químicos y con el posgrado busca aprender a administrarlos.

Los sectores laborales que reciben principalmente a sus egresados son: ambiental, asesoría, empleo en mediana industria, no a Ingeniería básica o a producción, básicamente administración de procesos y ya casi nadie a Petroquímica.

Un aspecto que es relevante en la forma de enseñar los laboratorios es la estructura de una asignatura en cuanto al personal que la sustenta en el laboratorio. La estructura básica de un grupo de laboratorio empieza por definirse desde el límite máximo de alumnos permitidos en él. El grupo no debe rebasar los 24 alumnos y éste se subdivide en grupos más pequeños a su vez dependiendo del número de inscritos en él. Suponiendo, como mero ejemplo, que se llegara al límite máximo, el grupo total se subdivide en 6 grupos más, cada uno es un equipo de trabajo. Una vez definidos los subgrupos se procede a sortear las prácticas para que en la rotación de los equipos del laboratorio ningún subgrupo haga la misma actividad la misma semana, de esta manera todos trabajan en una práctica al mismo tiempo aunque no necesariamente la misma.

Se manejan dos tipos de prácticas: las tradicionales, en donde se persigue un objetivo con una actividad en un determinado equipo del laboratorio que es ilustrada y llevada al cabo con ayuda de guiones experimentales que dan la técnica a seguir por los alumnos y la segunda que es un proyecto de práctica en donde el equipo completo propone un mini proyecto que puede contemplar mejoras a los equipos en operación para la asignatura, mejoras al guión experimental, mejoras a las propias prácticas e inclusive el diseño una nueva que, por supuesto, cumpla con los lineamientos que la asignatura contempla. Existe un responsable de la asignatura y un responsable por cada subgrupo y el alumno puede interactuar con ambos, según crea conveniente aunque el responsable de la materia cumple funciones de asesor más que de profesor aunque tiene la facultad de modificar las prácticas a placer pero sin salirse de los objetivos de la asignatura. La primera modalidad de prácticas se enseña igual que en todas las universidades y en la segunda se hace la planificación y el subgrupo se compromete a entregar lo que proyecta para su evaluación final. Cabe destacar que del total de las sesiones que contempla el laboratorio en una asignatura determinada, el 60% del tiempo se dedica a la práctica proyecto llegando inclusive a ser contemplado tiempo extracurricular para su finalización. Una vez terminado el plazo de tiempo para el proyecto se hace una presentación formal en donde cada equipo de trabajo "vende" su proyecto, todo con el fin de foguear al alumno, y en esta sesión el subgrupo es sometido al escrutinio de sus propios compañeros y de los académicos a cargo de la asignatura y son cuestionados en contenido y forma, tanto en lo concerniente a la presentación como en lo que envuelve a su desempeño en el proyecto, con lo que se le da a todos los alumnos libertad de innovación y cierto foguero, limitado obviamente a la disposición que tengan sus compañeros de participar en él. Esta etapa queda como mera presentación porque, aunque influye en la evaluación final no se mide la finalización del proyecto, sino el alcance en contenido y forma del mismo sin ser la final ejecución del mismo el motivo

principal de esta modalidad ya que los trabajos inconclusos se continúan con la siguiente generación de alumnos.

Este tipo de proyectos manejados como prácticas y que, como ya se mencionó, forman parte fundamental de la evaluación del alumno han servido, indirectamente si se quiere, para actualizar equipos que llegan a tener hasta 40 años de antigüedad, en la medida de lo posible claro, e incluso para "renovar" la plantilla de los mismos ya que dentro de los proyectos realizados se ha construido equipos para fines didácticos y otros más se han automatizado y es importante aclarar en este punto que los gastos menores corren por cuenta de los alumnos y los de mayor peso, como la automatización e instalación de equipos de control, los absorbe la escuela, previa aprobación del proyecto.

El hecho que el laboratorio se enseñe de esta manera es consecuencia del poco presupuesto que alguna vez tuvo la escuela motivado por los problemas económicos del país pero inconscientemente se fomentó el hecho de dejar al alumno una enseñanza, considero, más rica que es el hecho de entender el proceso u operación misma desde sus entrañas, jugando un poco con las variables involucradas y aprendiendo los principios fundamentales del mismo interactuando con ellos, en resumen, entre más meta las manos, más aprende lo que al final es importante ya que un equipo, por avanzado que sea, se rige por las mismas reglas además de que se les despierta el lado creativo, el lado perseverante y se les incita a acabar sus metas y a trazarse objetivos claros con presión de tiempo, actividades todas, realizadas en el quehacer profesional de un ingeniero.

Se consideran conservadores en la forma de enseñar el laboratorio y es verdad, ya que aún con toda esta estructura que puede verse demasiado compleja para una sola materia el proceso enseñanza aprendizaje es el mismo porque aunque se fomenta la investigación y estimula al alumno valerse de sus propios recursos siempre existe la recompensa de una evaluación final benevolente pero sin llegar a ser "barco". La forma en que se lleva a cabo el proceso de enseñanza del laboratorio es una idea muy buena pero que dista mucho de ser la ideal porque no siempre es recomendable ser tan elemental, los proyectos pueden ser buenos, pero en la ejecución, al momento que el alumno se enfrenta al reto de terminar lo que él mismo propuso a veces raya en lo rústico porque tiene que plantearse una meta razonable con recursos tales como una cinta métrica tipo sastre, por ejemplo, para sus mediciones externas en los equipos lo que acaba por dar como fruto un rendimiento desigual ya que existen equipos excelentes, automatizados o no, que se han "hecho" con las manos de los alumnos pero también hay equipos muy elementales que sólo servirán para

finés didácticos y nada más y única y exclusivamente para la operación y condiciones planeadas y no más, lo que le da a las actividades un sabor de experiencia de cátedra que únicamente sirven para ilustrar.

Las partes de teoría y laboratorio de una asignatura son independientes, cada una representa un curso formal, y hay laboratorios con teoría simultánea y con semestres desfasados, o sea, que en un semestre se da la teoría y al siguiente se lleva el laboratorio y a pesar de sufrir los problemas típicos de vinculación para los laboratorios simultáneos a la teoría si considero que se agregan más teniendo la modalidad de laboratorios desfasados (que se analizará mas adelante en la UAM) ejecutándose simultáneamente en el programa de la carrera además de que no se busca, creo, un fin de laboratorios integradores, sino el ahorrarse más un laboratorio por asignatura lo que genera problemas que se acentúan más si consideramos que ellos mismos juzgan poco acertada su seriación.

Se modifican los planes de carrera cada siete años, por estas fechas se realiza el proceso de revisión de su programa actual cuya reforma irá encaminada a la Ingeniería ambiental y que se espera implementar en dos o tres años más.

Se persigue en general que el alumno aprenda por sí solo y se consideran modestos en instalaciones, lo que podría significar un problema que se combate sobre todo motivando la conciencia de los alumnos por aprovechar sus recursos. La filosofía de puertas abiertas de la institución hace crecer la confianza del alumnado para resolver problemas inherentes al terreno académico además de que la idea que no por ser escuela privada no se van a meter las manos para trabajar es de grata sorpresa y siempre que quieren mejorar o simplemente para resolver un problema ven en el panorama a muchas universidades incluyendo escuelas privadas y públicas y, por supuesto, a la UNAM sin ser demasiado ambiciosos y lejos de ser arrogantes.

## Programa de Ingeniería Química Universidad Iberoamericana.

## I Área básica

Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Práctica	Créditos	Semestre
Cálculo I	Obligatorio	6	-	10	I
Álgebra superior I	Obligatorio	4	-	8	I
Química general	Obligatorio	4	-	8	I
Laboratorio de Química general	Obligatorio	-	2	2	I
Introducción a la Ingeniería Química	Obligatorio	4	-	8	I
Taller de programación I	Obligatorio	4	-	4	I
Física universitaria A	Obligatorio	4	-	8	I
Información y reportes técnicos	Obligatorio	2	-	4	II
Computación aplicada a la Ingeniería Química	Obligatorio	2	-	4	II
Cálculo II	Obligatorio	4	-	8	II
Química Orgánica I	Obligatorio	4	-	8	II
Química analítica y taller	Obligatorio	4	-	6	II
Laboratorio de Química analítica	Obligatorio	-	2	2	II
Física universitaria B	Obligatorio	4	-	8	II
Cálculo III	Obligatorio	4	-	8	III
Análisis numérico I	Obligatorio	4	-	8	III
Economía general	Obligatorio	4	-	8	IV
Medio ambiente y tecnología	Obligatorio	2	-	4	IV

## II Área mayor

Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Practica	Créditos	Semestre
Balances de masa y energía	Obligatorio	4	-	8	II
Termodinámica química	Obligatorio	4	-	8	III
Química orgánica II	Obligatorio	4	-	8	III
Análisis instrumental	Obligatorio	2	-	4	III
Flujo de fluidos	Obligatorio	4	-	8	IV
Laboratorio de balances y termodinámica química	Obligatorio	-	2	2	IV
Fisicoquímica aplicada	Obligatorio	2	-	4	IV
Estadística y diseño de experimentos	Obligatorio	4	-	8	IV
Laboratorio de Química orgánica aplicada	Obligatorio	-	4	4	IV
Seguridad industrial	Obligatorio	2	-	4	V
Transferencia de calor	Obligatorio	4	-	8	V
Equilibrios termodinámicos	Obligatorio	4	-	8	V
Laboratorio de Química inorgánica	Obligatorio	-	2	2	V
Química inorgánica	Obligatorio	4	-	8	V
Principios de Ingeniería económica	Obligatorio	2	-	4	V
Ingeniería mecánica	Obligatorio	2	-	4	V
Laboratorio de operaciones unitarias	Obligatorio	-	2	2	VI
Laboratorio de equilibrios termodinámicos	Obligatorio	-	2	2	VI
Procesos de separación I	Obligatorio	4	-	8	VI
Introducción a la Ingeniería de calidad	Obligatorio	4	-	8	VI
Ingeniería de reactores	Obligatorio	4	-	8	VII

Laboratorio de Ingeniería de reactores	Obligatorio	-	2	2	VII
Procesos de separación II	Obligatorio	4	-	8	VII
Ingeniería eléctrica	Obligatorio	2	-	4	VII
Instrumentación y control de procesos	Obligatorio	4	-	8	VIII
Laboratorio de instrumentación y control de procesos	Obligatorio	-	2	2	VIII
Diseño e Ingeniería de procesos	Obligatorio	4	-	8	VIII
Laboratorio de procesos de separación	Obligatorio	-	2	2	VIII
Operación de plantas	Obligatorio	4	-	8	IX
Estancia industrial	Obligatorio	6	-	20	IX
Ética de la Ingeniería Química	Obligatorio	2	-	4	IX
Laboratorio de Ingeniería ambiental	Obligatorio	-	2	2	IX
Ingeniería ambiental	Obligatorio	4	-	6	IX

III Área mayor. Subsistema I: Tecnología Química.

Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Practica	Créditos	Semestre
Desarrollo de nuevos productos	Obligatorio	4	-	8	
Tecnología química	Obligatorio	4	-	8	
Laboratorio de tecnología química	Obligatorio	-	4	4	
Gestión tecnológica	Obligatorio	4	-	8	
Optativa A	Obligatorio	4	-	8	
Optativa A	Obligatorio	4	-	8	
Optativa B	Obligatorio	4	-	4	

III Área mayor. Subsistema II: Biotecnología.

Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Practica	Créditos	Semestre
Ingeniería Bioquímica	Obligatorio	4	-	8	
Separación de productos biológicos	Obligatorio	4	-	8	
Laboratorio de microbiología industrial	Obligatorio	-	2	4	
Bioquímica I	Obligatorio	4	-	8	
Microbiología	Obligatorio	4	-	8	
Optativa A	Obligatorio	4	-	8	
Optativa B	Obligatorio	4	-	4	

III Área mayor. Subsistema III: Materiales.

Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Practica	Créditos	Semestre
Ciencias e Ingeniería de materiales	Obligatorio	4	-	8	
Materiales poliméricos	Obligatorio	4	-	8	
Laboratorio de materiales I	Obligatorio	-	2	2	
Materiales metálicos y corrosión	Obligatorio	4	-	8	
Laboratorio de materiales II	Obligatorio	-	2	2	
Optativa A	Obligatorio	4	-	8	
Optativa A	Obligatorio	4	-	8	
Optativa B	Obligatorio	4	-	4	

Optativa A

Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Practica	Créditos	Semestre
Programación avanzada en Ingeniería	Optativa	4	-	8	
Ingeniería de servicios auxiliares	Optativa	4	-	8	
Procesos químicos industriales	Optativa	4	-	8	
Introducción a la administración	Optativa	4	-	8	
Cálculo IV	Optativa	4	-	8	
Ingeniería de proyectos	Optativa	4	-	8	
Diseño de plantas	Optativa	4	-	8	
Simulación y optimización de procesos	Optativa	4	-	8	
Métodos avanzados de separación	Optativa	4	-	8	
Ahorro de energía en plantas de proceso	Optativa	4	-	8	
Análisis numérico II	Optativa	4	-	8	
Planeación organizacional	Optativa	4	-	8	
Administración de personal	Optativa	4	-	8	
Temas selectos de Ingeniería de procesos	Optativa	4	-	8	
Temas selectos de Ingeniería Química I	Optativa	4	-	8	

Optativa B

Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Practica	Créditos	Semestre
Laboratorio experimental en Ingeniería Química	Optativa	-	4	4	
Laboratorio experimental en materiales	Optativa	-	4	4	

Laboratorio experimental en Química	Optativa	-	4	4	
Laboratorio experimental en biotecnología	Optativa	-	4	4	

IV Integración servicio social y titulación

Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Practica	Créditos	Semestre
Introducción a la problemática social del Hombre	Obligatorio	4	-	8	III
Introducción al problema social	Obligatorio	4	-	8	IV
Seminario de proyecto operacional terminal	Obligatorio	2	-	4	VIII
- Seminario de titulación	Obligatorio	2	-	12	IX

Materias obligatorias del área básica . 116 créditos

Materias obligatorias del área mayor 194 créditos

Materias del área menor 48 créditos

Materias del área de integración 48 créditos

Materias del área de titulación 16 créditos

Servicio Social 16 créditos

**Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.**

La UAM Iztapalapa sufre una reciente reforma a su plan de estudios encaminada a resolver por una parte, el problema de la alta tasa de deserción del primer año y el alto índice de reprobados para asignaturas de este mismo periodo pero también se persigue el tener en un futuro un plan diseñado para enseñar materias y laboratorios integradores, lo que la hace muy ambiciosa.

Para la implantación del plan que ahora rige la carrera se realizaron estudios profundos que abarcan desde el perfil del aspirante al ingreso y el entorno social y económico hasta los obligados informes estadísticos con índices de reprobados por materia, estudios que no arrojaron buenas noticias para la institución porque llega a haber un promedio de reprobados hasta del 60% aunque los laboratorios no representan una parte significativa en cuanto a alumnos reprobados. Las razones que se presume arrojan estos resultados van desde la baja preparación preuniversitaria que reciben hasta el que la mayoría de su matrícula realiza un trabajo para sustentar su situación económica lo que le deja poco tiempo dedicado a la Universidad.

A partir de lo anterior se hizo un esfuerzo por modificar el plan de estudios de tal forma que la mayoría de estos problemas desaparecieran y además obtener un beneficio a futuro ya que las ambiciones de la UAM van más allá.

El tipo de ingenieros que espera formar ésta institución, es un ingeniero de procesos pero la diferencia la hace que también tiene una carga fuerte en investigación ya que sus instalaciones permiten que se lleve este tipo de tendencia.

La manera de enseñar el laboratorio es peculiar ya que se da desfasada de la teoría, esto es, la teoría de una asignatura se da un semestre y el siguiente se toma el laboratorio que, como estructura académica tiene a un profesor y a un ayudante. La materia o unidad de enseñanza aprendizaje, como la llaman, en su parte práctica tiene objetivos y lineamientos establecidos, pero la forma en que se aborden éstos es totalmente a juicio del profesor.

Las prácticas que se realizan también se intercambian, como en la UIA, entre grupos de trabajo en función del número de los mismos formados previamente y aunque la forma de enseñarlos es básicamente la misma. También se hacen presentaciones al final del semestre con las

mismas aspiraciones que otras escuelas básicamente. La diferencia principal en el modo de enseñar el laboratorio radica principalmente en las exigencias para los requisitos del mismo que van desde la responsabilidad del equipo completo para cuidar los recursos o material que pidan para desempeñar las actividades por escrito para cada sesión hasta el hecho de que los resultados experimentales o datos recabados se entreguen al ayudante de laboratorio firmados y que una copia les sea otorgada para la realización del informe correspondiente, situación que se presenta en todos los laboratorios de la carrera. De las principales desventajas que se presentan en este estilo de enseñanza destaca el hecho de que los alumnos padecen de "amnesia" al llevar la parte del laboratorio, cosa que se trata de contrarrestar con la elaboración de investigaciones previas cuyo objetivo es el de revisar los conceptos propios del tema, en este informe se tocan los temas que, a juicio del profesor, son necesarios para el total entendimiento de la práctica.

La filosofía que prevalece en la UAM es la de dar énfasis al principio fundamental de los equipos pero sí se considera importante la adquisición de aparatos nuevos ya que el punto de vista que predomina es de que dicta que no se le puede dar enseñanza experimental a un alumno con equipos de ayer. La renovación es importante por la obsolescencia y por el mantenimiento caro de equipos viejos. Como punto destacado se presenta el hecho de que en los últimos cinco años la inversión destinada a los laboratorios es de 10 millones de pesos que se han ocupado tanto en compra de equipo nuevo como en mantenimiento del ya existente en la escuela.

La reforma educativa se extiende a todos los niveles y se trata de hacer uso de los recursos más cómodos y de fácil acceso para el estudiante de la carrera, de ahí que se tengan como meta (aún no ejecutada) las versiones electrónicas de todos los manuales del laboratorio. El objetivo a largo plazo contempla el hecho de que el alumno resuelva un problema determinado como actividad experimental y haga uso de las versiones electrónicas, lograrlo además de plantear él mismo (o el grupo de trabajo) el diseño del experimento a seguir, para lo cual se planea tener a disposición una versión electrónica también del inventario de material y recursos existentes en los laboratorios para tal fin. Esta idea es muy buena porque a pesar de no ser nueva sí es importante porque promueve la inventiva, el análisis, la reflexión y la planeación para conseguir lograr resolver la práctica, promueve la investigación y se le enseña al futuro profesionista a administrar los recursos que tiene a su alcance y a hacer uso correcto de los mismos, cosa que es común en la labor profesional del un ingeniero químico. Este punto de la reforma como ya se dijo, aún no alcanza la ejecución pero está muy cerca de lograrlo.

Desafortunadamente no todo son buenas ideas en la universidad ya, como es común, existe resistencia al cambio además de los problemas de todos conocidos con la poca disposición de los trabajadores manejados por un sindicato que no se conduce del todo bien, lo que repercute en la actitud del personal laboral al no querer hacer más allá de las actividades para las cuales fue contratado y los problemas socio-económicos relacionados con el perfil de alumnado que poseen que son difíciles de contrarrestar.

El grupo de académicos y autoridades es mixto en cuanto a escuelas en donde realizaron sus estudios lo que le concede una ventaja el mosaico de experiencias que pueden ayudar a la dirección académica de la carrera. Este grupo, para reformas académicas ven problemáticas internas y se comparan con otras universidades pero se considera que a nivel nacional existen muchos límites en relación a la enseñanza de la carrera y es por eso que se ve más al extranjero y a pesar de que esta actitud parece arrogante, la visión del extranjero da buenas ideas, el reto es traducirlas a la realidad y el entorno social que envuelve a la Universidad.

Desgraciadamente hay pocos datos en cuanto a progresos y problemas en el nuevo plan lo que hace forzosamente que el nuevo programa parezca una interrogante y la falta de planeación para medir el impacto en las nuevas generaciones acentúa más esta situación.

## Programa de Ingeniería Química Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

## Primer nivel: Tronco general

Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Practica	Créditos	Trimestre
Mecánica y fluidos	Obligatorio	3	3	9	I
Introducción a la Ingeniería Química	Obligatorio	3	-	9	I
Cálculo diferencial	Obligatorio	4.5	-	12	I
Método experimental	Obligatorio	4	3	9	II
Ondas y rotaciones	Obligatorio	3	-	9	II
Cálculo integral	Obligatorio	4.5	-	12	II
Transformaciones químicas	Obligatorio	3	3	9	II
Laboratorio de simulación	Obligatorio	1.5	3	6	III
Método experimental II	Obligatorio	3	3	9	III
Campos	Obligatorio	3	-	9	III
Estructura de la materia	Obligatorio	3	-	9	III
Cálculo diferencial de varias variables	Obligatorio	4.5	-	12	III
Cálculo integral de varias variables	Obligatorio	4.5	-	12	IV

## Segundo nivel: Tronco básico profesional

Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Practica	Créditos	Trimestre
Álgebra lineal I	Obligatorio	4.5	-	9	IV
Introducción a la programación	Obligatorio	3	-	6	IV
Balances de materia y energía I	Obligatorio	3	3	9	IV

Termodinámica I	Obligatorio	4.5	-	9	IV
Ecuaciones diferenciales ordinarias I	Obligatorio	4.5	-	9	V
Métodos numéricos	Obligatorio	4.5	-	9	V
Mecánica de fluidos	Obligatorio	4.5	-	9	V
Laboratorio de termodinámica I	Obligatorio	-	3	3	V
Termodinámica II	Obligatorio	4.5	-	9	V
Ecuaciones diferenciales parciales	Obligatorio	4.5	-	9	VI
Laboratorio de mecánica de fluidos	Obligatorio	-	3	3	VI
Transferencia de calor	Obligatorio	4.5	-	9	VI
Balances de materia y energía II	Obligatorio	4.5	3	12	VI
Laboratorio de termodinámica II	Obligatorio	-	3	3	VI
Probabilidad aplicada	Obligatorio	4.5	-	9	VII
Química orgánica I	Obligatorio	4	4	12	VII
Transferencia de masa	Obligatorio	4.5	-	9	VII
Química inorgánica I	Obligatorio	4.5	3	12	VII
Laboratorio de transferencia de calor	Obligatorio	-	3	3	VII
Química orgánica II	Obligatorio	4	4	12	VIII
Procesos de separación I	Obligatorio	4.5	-	9	VIII
Ingeniería de reactores químicos I	Obligatorio	4.5	-	9	VIII
Química inorgánica II	Obligatorio	4.5	3	12	VIII
Laboratorio de transferencia de masa	Obligatorio	-	3	3	VIII
Química orgánica III	Obligatorio	4	4	12	IX
Procesos de separación II	Obligatorio	4.5	-	9	IX
Operaciones unitarias	Obligatorio	4.5	-	9	IX

Ingeniería de reactores químicos II	Obligatorio	4.5	-	9	IX
Laboratorio de Ingeniería de reactores químicos	Obligatorio	-	3	3	IX
Investigación de operaciones	Obligatorio	4.5	-	9	X
Dinámica y control de procesos	Obligatorio	4.5	-	9	X
Laboratorio de operaciones unitarias	Obligatorio	-	3	3	X
Diseño y optimización	Obligatorio	4.5	-	9	X
Estadística y diseño de experimentos	Obligatorio	4.5	-	9	X
<b>Unidades de enseñanza aprendizaje optativas</b>					
Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Practica	Créditos	Trimestre
Temas selectos de termodinámica	Optativa	4.5	-	9	X-XII
Temas selectos de matemáticas aplicadas a la Ingeniería	Optativa	4.5	3	12	X-XII
Temas selectos de biología	Optativa	4.5	-	9	X-XII
Temas selectos de procesos químicos	Optativa	4.5	-	9	X-XII
Temas selectos de transferencia de calor y masa	Optativa	4.5	3	12	X-XII
Temas selectos de mecánica de fluidos	Optativa	4.5	3	12	X-XII
Temas selectos de procesos de separación	Optativa	4.5	-	9	X-XII
Temas selectos de Ingeniería de reactores químicos	Optativa	4.5	-	9	X-XII
Temas selectos de sistemas poliméricos	Optativa	4.5	-	9	X-XII
Temas selectos de simulación, optimización y control de procesos	Optativa	4.5	-	9	XII
Optativas técnicas CBI, CBS	Optativa	-	-	27	X-XII
Optativas de CSH	Optativa	-	-	16	X-XII

Tercer nivel: Área de concentración					
Materia	Tipo	Horas teoría	Horas Práctica	Créditos	Trimestre
Laboratorio de procesos y diseño I	Obligatorio	3	6	12	X
Laboratorio de procesos y diseño II	Obligatorio	3	9	15	XI
Laboratorio de procesos y diseño III	Obligatorio	3	12	18	XII

**Universidad La Salle.**

La ULSA se define a sí misma como una universidad de inspiración cristiana que espera formar individuos en forma integral más que un simple profesionista. Para lograr este objetivo se contempla una carga importante, durante toda la carrera, de asignaturas con planteamiento ético y humanístico además de las de carácter religioso que forman parte de su identidad, todo con la finalidad de sembrar una actitud de respeto hacia la persona misma y hacia los demás para trascender en sus vidas y en su actividad laboral profesional.

Se espera formar un ingeniero con orientación a la Ingeniería de procesos sin llegar a ser una "especialización" pero también se forman alumnos altamente competentes en Ingeniería de proyectos, aunque el sector laboral que recibe a los egresados es el referente a materiales poliméricos y más que nada las actividades que realizan son de tipo comercial a decir de la jefatura de carrera.

La visión de la Universidad contempla el cubrir los requerimientos mínimos de la Ingeniería Química y, parece, que van un poco más allá de esto tomando en cuenta un análisis del plan de estudios. Consideran importante la parte experimental pero, a diferencia de las demás escuelas, los laboratorios y la enseñanza experimental representan un apoyo a la comprobación de la teoría más que una promoción o actitud de interés hacia la investigación, es una herramienta que apoya la formación y adquisición de conocimiento más que un complemento o una parte indispensable y con identidad propia en la carrera, es una necesidad en la Ingeniería Química pero no más por lo que no se centra en los laboratorios lo que deriva en una desventaja si lo que se quiere formar es un ingeniero de procesos.

La ULSA considera tener un plan de estudios balanceado, y si bien es cierto esto último si se desea formar un ingeniero de procesos se debería tener un poco de más énfasis en la parte de laboratorios de Ingeniería ya que, a pesar de no contar con una planta piloto o equipos industriales, si se tiene a la disposición los elementos suficientes para realizar este cambio y cabría la posibilidad de tener un laboratorio más extenso con pocos recursos como el de la UIA y dejar de tener como prioridad la compra de equipo con fines pedagógicos que les es de mucha importancia, ya que si practican la actividad de desarrollo de equipo por parte del alumnado.

Formalmente, para mejoras académicas, no se hacen comparaciones con otras universidades con respecto a la carrera y se centran más en la problemática interna que obviamente es el motor para mejorar la calidad académica aunque también es muy cierto que no es malo mirar y comparar otras visiones que tal vez enriquezcan el panorama que originalmente se tiene.

La forma de enseñar el laboratorio es muy tradicional, sin nada "exótico" pero muy efectiva, se usa de igual manera la rotación de prácticas, los guiones experimentales, la copia firmada de resultados experimentales, los prelaboratorios, los mini exámenes y las actividades de éxito probado, que aunque a veces resultan tediosas son, aún, muy efectivas para cubrir los objetivos que la Universidad persigue.

Programa de Ingeniería Química Universidad La Salle.

Materia	Tipo	Horas de teoría	Horas de laboratorio	Créditos	Semestre
Álgebra superior	Obligatorio	5	-	8	I
Cálculo de una variable	Obligatorio	5	-	8	I
Física I	Obligatorio	3	2	8	I
Química inorgánica I	Obligatorio	5	3	11	I
Introducción a la Ingeniería Química	Obligatorio	3	-	6	I
Computación I	Obligatorio	2	2	6	I
La dimensión humana	Obligatorio	2	-	4	I
Ecuaciones diferenciales ordinarias	Obligatorio	4	-	7	II
Cálculo de varias variables	Obligatorio	4	-	7	II
Física II	Obligatorio	3	2	8	II
Química inorgánica II	Obligatorio	5	3	11	II
Termodinámica	Obligatorio	4	2	10	II
Balances de materia	Obligatorio	4	-	6	II
Computación II	Obligatorio	2	2	6	II
Psicología; Conocimiento y vida interior	Obligatorio	2	-	4	II
Ecuaciones diferenciales parciales	Obligatorio	3	-	5	III
Física III	Obligatorio	3	2	8	III
Química orgánica I	Obligatorio	4	3	11	III
Química analítica I	Obligatorio	3	3	9	III

Propiedades termodinámicas	Obligatorio	3	2	8	III
Balances de energía	Obligatorio	4	-	6	III
Sociedad y comunidad	Obligatorio	2	-	4	III
Estadística	Obligatorio	3	-	6	IV
Química orgánica II	Obligatorio	4	3	11	IV
Química analítica II	Obligatorio	3	3	9	IV
Equilibrio físico	Obligatorio	3	2	8	IV
Flujo de fluidos	Obligatorio	4	2	10	IV
Fenómenos de transporte	Obligatorio	4	-	7	IV
Valores y vida	Obligatorio	2	-	4	IV
Métodos numéricos	Obligatorio	2	1	5	V
Química industrial	Obligatorio	3	-	6	V
Química analítica III	Obligatorio	3	3	9	V
Equilibrio químico	Obligatorio	3	2	8	V
Transferencia de calor	Obligatorio	4	3	11	V
Ingeniería mecánica I	Obligatorio	3	-	6	V
Ética profesional	Obligatorio	2	-	4	V
Optimización	Obligatorio	3	-	6	VI
Fenómenos de superficie	Obligatorio	3	2	8	VI
Procesos de separación I	Obligatorio	4	3	11	VI
Ingeniería de servicios	Obligatorio	3	-	6	VI
Ingeniería mecánica II	Obligatorio	3	-	6	VI
Ingeniería eléctrica I	Obligatorio	3	-	6	VI
Administración	Obligatorio	3	-	6	VI

Cristo en la actualidad	Obligatorio	2	-	4	VI
Cinética Química	Obligatorio	3	3	9	VII
Procesos de separación II	Obligatorio	4	3	11	VII
Ingeniería de procesos I	Obligatorio	3	-	5	VII
Diseño de equipo	Obligatorio	3	-	6	VII
Ingeniería eléctrica II	Obligatorio	3	-	6	VII
Factor humano	Obligatorio	2	-	4	VII
Contabilidad y finanzas	Obligatorio	3	-	6	VII
Comunidad y compromiso cristiano	Obligatorio	2	-	4	VII
Diseño de reactores I	Obligatorio	4	3	11	VIII
Ingeniería de procesos II	Obligatorio	2	1	5	VIII
Ingeniería de proyectos I	Obligatorio	4	-	8	VIII
Instrumentación y control de procesos	Obligatorio	3	-	6	VIII
Ingeniería económica	Obligatorio	3	-	5	VIII
Optativa I	Obligatorio	-	-	6	VIII
Optativa II	Obligatorio	-	-	6	VIII
Humanidades y Química	Obligatorio	2	-	4	VIII
Diseño de reactores II	Obligatorio	4	3	11	IX
Ingeniería de proyectos II	Obligatorio	5	5	15	IX
Ingeniería ambiental	Obligatorio	3	-	5	IX
Evaluación de proyectos	Obligatorio	3	-	5	IX
Optativa III	Obligatorio	-	-	6	IX
Optativa IV	Obligatorio	-	-	6	IX

## Materias optativas.

Materia	Horas de teoría	Horas de laboratorio	Créditos	Semestre
Investigación de operaciones I	3	-	6	VIII
Petróleo I	3	-	6	VIII
Polímeros I	3	-	6	VIII
Tecnología de alimentos I	2	4	8	VIII
Investigación de operaciones II	3	-	6	IX
Petróleo II	3	-	6	IX
Polímeros II	3	-	6	IX
Tecnología de alimentos II	2	4	8	IX

**Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey.**

El ITESM tiene dos modalidades de la carrera: una se llama Ingeniero Químico y de Sistemas (IQS) y la otra Ingeniero Químico Administrador (IQA), ambas se imparten en el campus Monterrey. La carrera de Ingeniero Químico Administrador enfoca la Ingeniería de procesos químicos hacia un manejo óptimo de la producción; a través de una manipulación eficiente de recursos (materiales, humanos y financieros) y la carrera de Ingeniero Químico y de Sistemas, con especialidad en Ingeniería ambiental e Ingeniería de control computarizado, esta encaminada a cubrir la necesidad que exige una industria con alto grado de tecnificación, eficiente en el uso de recursos y energía, con un mínimo impacto en el ambiente, por esto y por el contenido de los programas, que se verán más adelante, se han incluido las dos carreras en el estudio.

El ITESM concibe a la Ingeniería Química como una necesidad de mercado pero también como una necesidad social. Es cabal con sus aspiraciones ya que los planes de estudio no resultan pretenciosos. La forma de enseñar el laboratorio es, dentro de las exigencias de la carrera, adecuada porque no es una prioridad fundamental pero tampoco se deja descuidado aunque sí hay que recalcar el hecho de que es una Universidad que usa el laboratorio para comprobar la teoría. La estructura académica en una asignatura de laboratorio es la común: un profesor y un ayudante. El profesor sí cumple meramente la función de asesor ya que aquí se enseña la parte práctica con guiones experimentales pero también con problemas abiertos y proyectos, estos últimos como en los casos ya estudiados en otras Universidades y el ayudante como apoyo a las actividades del profesor.

Se combina también el hecho de llevar una materia teórica y laboratorio simultáneo con una asignatura y su laboratorio integrador desfasado uno o varios semestres y se le quita un poco de responsabilidad en general al laboratorio con experiencias de cátedra en la teoría o problemas experimentales que los alumnos desarrollan por su cuenta pero que no son complejos en su elaboración un poco a la manera de las Universidades de Estados Unidos y Canadá (como se analizará en posteriores capítulos) lo que resulta arriesgado si no se sabe manejar u orientar correctamente a los alumnos porque deriva en un déficit en la enseñanza experimental.

El problema más grande que tienen es, básicamente, la relación teoría-laboratorio ya que hay errores en la sincronización de las prácticas, lo que desemboca en una pobre participación de los alumnos en éstas y en un enriquecimiento menor del curso porque los guiones experimentales, como ocurre en todas las escuelas con este tipo de organización, están pensados, desarrollados e implementados con la idea de que el alumno ya deberá saber lo que necesita. Este problema se acentúa se toma en cuenta que hay una idea "confusa" de lo que debe ser y de lo que debe aportar el laboratorio a la carrera ya que en la consulta de información a la jefatura de la carrera se menciona indistintamente el hecho de que " ... uno de los usos importantes del laboratorio hoy en día es utilizar la experimentación como técnica de aprendizaje, es decir, como una manera de que el alumno desarrolle temas específicos de cursos teóricos a través de prácticas dirigidas. Un punto importante en esta técnica es que no se trata de una actividad más para reforzar los conceptos teóricos que se cubren en la clase, sino dejar que algunos de esos conceptos (anteriormente cubiertos teóricamente) sea "descubiertos" por los alumnos en la práctica y desarrollados por ellos mismos a través de información bibliográfica y la solución de problemas propuestos."<sup>6</sup> Palabras que no terminan de definir si el curso del laboratorio es parte integral de un curso donde se debe aprender y entender el fenómeno se o si es una mera técnica de aprendizaje para hacerlo más llevadero.

Un punto que sí está perfectamente bien definido es la aspiración a hacer mas enriquecedor el aporte del laboratorio al curso en general, ruta que se antoja difícil de conseguir ya que se tiene la idea de que el plan de estudios es "robusto" en su contenido y con la meta de realizar laboratorios integradores para alumnos intermedios y terminales no les ayudará a hacerlo menos "pesado" aunque si algo hay que señalar es la alta dedicación del alumnado por sus materias. Se tiene conciencia de que "... El principal reto actualmente no está en la cancha de los alumnos, sino de los profesores... necesitamos renovar nuestras prácticas experimentales tal que el alumno desarrolle más conocimientos y habilidades en prácticas menos dirigidas. Esto tal vez implique menos prácticas por semestre, pero más a fondo en cuanto a la creatividad e involucramiento de los alumnos.", "...y terminaremos tal vez con uno o dos problemas a resolver en todo el semestre, haciendo el laboratorio todavía menos conductista y más constructivista."

Una "reforma" interesante que se está implementando actualmente en las aulas del ITESM es que en el laboratorio no se tiene un diseño "oficial" del experimento sino que es un problema abierto en donde los alumnos generan su propio experimento (con las limitaciones obvias en cada caso) para

<sup>6</sup> Entrevista realizada a coordinadores de la carrera.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

obtener la información experimental que se requiere para resolver el problema propuesto incluyendo rutinas de cálculo y todo lo relacionado con ésta, concepto que ahora se quiere extender a un grupo de equipos para llegar a la meta del laboratorio integrador.

Programa de Ingeniería Química Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey.

Ingeniero Químico Administrador, IQA.

Materia	Clave	Horas de Teoría	Horas práctica	Créditos	Semestre
Introducción a la computación	Cb00801	3	-	8	Remediales
Física remedial	F00801	3	-	8	
Inglés remedial I	H00801	5	-	8	
Inglés remedial II	H00802	5	-	8	
Inglés remedial III	H00803	5	-	8	
Inglés remedial IV	H00804	5	-	8	
Inglés remedial V	H00809	5	-	8	
Redacción en español	H00806	3	-	8	
Matemáticas remediales	Ma00801	6	-	16	
Física I	F00811	3	-	8	
Lengua extranjera	H00810	5	-	8	I
Análisis de la información	H00808	3	-	8	I
Economía	Ec00821	3	-	8	I
Introducción a la Ingeniería	Iq00811	2	-	2	I
Matemáticas para Ingeniería I	Ma00815	3	-	8	I
Química	Q00811	3	-	8	I
Computación para Ingeniería	Cb00821	3	-	8	II
Curso sello optativo I	Op00091	3	-	8	II

Física II	F00812	3	1	8	II
Curso sello optativo II	Op00092	3	-	8	II
Estática	M00822	3	-	8	II
Matemáticas para Ingeniería II	Ma00816	3	-	8	II
Sociedad y desarrollo en México	R00801	3	-	8	III
Física III	F00813	3	1	8	III
Balance de materia	Iq00831	3	-	8	III
Matemáticas para Ingeniería III	Ma00817	3	-	8	III
Probabilidad y estadística	Ma00835	3	-	8	III
Química analítica	Q00822	3	-	8	III
Balance de energía	Iq00843	3	-	8	IV
Termodinámica de procesos	Iq00844	3	-	8	IV
Ecuaciones diferenciales	Ma00841	3	-	8	IV
Química orgánica I	Q00831	3	-	8	IV
Laboratorio de Química analítica	Q00925	-	3	4	IV
Curso sello optativo III	Op00093	3	-	8	IV
Contabilidad financiera	C00810	3	-	8	IV
Computación en Ingeniería Química	Iq00851	3	-	8	V
Termodinámica del equilibrio	Iq00852	3	-	8	V
Fenómenos de transporte	Iq00853	3	-	8	V
Administración financiera	Fz00850	3	-	8	V
Química orgánica II	Q00832	3	-	8	V
Laboratorio de mediciones Fisicoquímicas	Q00951	-	3	4	V
Taller de síntesis orgánicas	Iq00953	2	3	8	VI

Evaluación de proyectos	In0086 I	3	-	8	VI
Operaciones de transferencia de momentum	Iq00854	3	-	8	VI
Operaciones de transferencia de calor	Iq00855	3	-	8	VI
Estadística y diseño de experimentos	Is00862	3	-	8	VI
Química inorgánica	Q00862	3	-	8	VI
Operaciones de transferencia de masa	Iq00862	3	-	8	VII
Investigación de operaciones I	Io00841	3	-	8	VII
Control estadístico de calidad	In00852	3	-	8	VII
Ingeniería de reactores	Iq00872	3	-	8	VII
Laboratorio de operaciones unitarias I	Iq00971	-	3	4	VII
Desarrollo de emprendedores	Or00801	3	-	8	VII
Tópicos I	Va00801	3	-	8	VII
Investigación de operaciones II	Io00842	3	-	8	VIII
Administración de la producción I	In00881	3	-	8	VIII
Diseño de procesos químicos	Iq00881	3	-	8	VIII
Laboratorio de operaciones unitarias II	Iq00972	-	3	4	VIII
Análisis de procesos	Iq00885	3	-	8	VIII
Tópicos II	Va00802	3	-	8	VIII
Administración de la producción II	Io00882	3	-	8	IX
Proyecto de plantas químicas	Iq00892	3	-	8	IX
Valores en el ejercicio profesional	Or00803	3	-	8	IX
Automatización de procesos químicos	Mi00029	2	2	8	IX
Tópicos III	Va00803	3	-	8	IX
Tópicos IV	Va00804	3	-	8	IX

Clave	Curso sello optativo
H00807	Redacción avanzada
Co00801	Comunicación oral
Ra00802	Ecología y desarrollo sostenible
R00802	Sociedad y desarrollo en el mundo
Rb00802	Liderazgo
In00801	Cultura de calidad
Rh00804	Formación humana y compromiso social
(*)	Seleccionados por el campus o por la carrera

**Inglés Químico y de Sistemas, IQS.**

Materia	Clave	Horas teoría	Horas práctica	Créditos	Semestre
Introducción a la computación	Cb00801	3	-	8	Remediales
Física remedial	F00801	3	-	8	
Inglés remedial I	H00801	5	-	8	
Inglés remedial II	H00802	5	-	8	
Inglés remedial III	H00803	5	-	8	
Inglés remedial IV	H00804	5	-	8	
Inglés remedial V	H00809	5	-	8	
Redacción en español	H00806	3	-	8	
Matemáticas remediales	Ma00801	6	-	16	
Física I	F00811	3	1	8	
Lengua extranjera	H00810	5	-	8	I

Análisis de la información	H00808	3	-	8	I
Economía	Ec00821	3	-	8	I
Introducción a la Ingeniería	Iq00811	2	-	2	I
Matemáticas para Ingeniería I	Ma00815	3	-	8	I
Química	Q00811	3	-	8	I
Computación para Ingeniería	Cb00821	3	-	8	II
Curso sello optativo I	Op00091	3	-	8	II
Física II	F00812	3	1	8	II
Curso sello optativo II	Op00092	3	-	8	II
Estática	M00822	3	-	8	II
Matemáticas para Ingeniería II	Ma00816	3	-	8	II
Sociedad y desarrollo en México	R00801	3	-	8	III
Física III	F00813	3	1	8	III
Balance de materia	Iq00831	3	-	8	III
Matemáticas para Ingeniería III	Ma00817	3	-	8	III
Probabilidad y estadística	Ma00835	3	-	8	III
Química analítica	Q00822	3	-	8	III
Balance de energía	Iq00843	3	-	8	IV
Termodinámica de procesos	Iq00844	3	-	8	IV
Ecuaciones diferenciales	Ma00841	3	-	8	IV
Química orgánica I	Q00831	3	-	8	IV
Laboratorio de Química analítica	Q00925	-	3	4	IV
Curso sello optativo III	Op00093	3	-	8	IV
Computación en Ingeniería Química	Iq00851	3	-	8	V

Termodinámica del equilibrio	Iq00852	3	-	8	V
Fenómenos de transporte	Iq00853	3	-	8	V
Laboratorio de mediciones Fisicoquímicas	Q00951	-	3	4	V
Estadística y diseño de experimentos	Iq00862	3	-	8	V
Química orgánica II	Q00832	3	-	8	V
Operaciones de transferencia de momentum	Iq00854	3	-	8	VI
Fisicoquímica de sistemas ambientales	Iq00871	3	-	8	VI
Operaciones de transferencia de calor	Iq00855	3	-	8	VI
Química inorgánica	Q00862	3	-	8	VI
Taller de síntesis orgánicas	Iq00953	2	3	8	VI
Laboratorio de Fisicoquímica ambiental	Iq00951	-	3	4	VI
Tópicos I	Va00801	3	-	8	VI
Procesos de separación	Iq00863	3	-	8	VII
Ingeniería de reactores	Iq00872	3	-	8	VII
Separaciones en Ingeniería ambiental	Iq00874	3	-	8	VII
Laboratorio de operaciones unitarias I	Iq00971	-	3	4	VII
Desarrollo de emprendedores	Or00801	3	-	8	VII
Dinámica de procesos y control	Mr00024	3	-	8	VII
Tópicos II	Va00802	3	-	8	VII
Refinería de procesos	Iq00882	3	-	8	VIII
Tratamiento de residuos	Iq00884	3	-	8	VIII
Laboratorio de operaciones unitarias II	Iq00972	-	3	4	VIII
Laboratorio de Ingeniería ambiental	Iq00981	-	3	4	VIII
Control de procesos por computadora	Mr00026	3	-	8	VIII

Análisis de procesos	Iq00885	3	-	8	VIII
Tópicos III	Va00803	3	-	8	VIII
Gestión ambiental	Iq00891	3	-	8	IX
Proyecto de sistemas ambientales	Iq00893	3	-	8	IX
Simulación y optimización	Iq00883	3	-	8	IX
Laboratorio integral de control de procesos	Mi00032	2	3	8	IX
Valores en el ejercicio profesional	Or00803	3	-	8	IX
Tópicos IV	Va00804	3	-	8	IX

Clave	Curso sello optativo
H00807	Redacción avanzada
Co00801	Comunicación oral
Ra00802	Ecología y desarrollo sostenible
Ri00802	Sociedad y desarrollo en el mundo
Rh00802	Liderazgo
In00801	Cultura de calidad
Rh00804	Formación humana y compromiso social
(*)	Seleccionados por el campus o por la carrera

**Bememérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla.**

La carrera de Ingeniería Química en la BUAP, a decir de sus propios estatutos, tiene como objetivo: *"formar profesionales con amplia capacidad en el diseño, construcción, manejo, control y administración de equipo, y plantas de procesos químicos"*, lo que suena coherente si se considera que se espera formar profesionistas enfocados al área de procesos químicos. La Ingeniería Química en esta Universidad es vista más como una necesidad social que de mercado aunque en el plan de estudios se tiene la pretensión de no descuidar ningún aspecto.

El querer formar ingenieros de proceso necesariamente repercute en el enfoque del plan de estudios que parece estar bien balanceado pero con una clara tendencia encaminada a cubrir las metas de su perfil del egresado aunque la prioridad a la enseñanza experimental no necesariamente responde a cubrir las exigencias del mismo.

La forma en que se abordan los laboratorios es clásica, la forma en que se enseñan los cursos también ya que se imparte la teoría y el laboratorio simultáneamente y se complementa la formación con visitas industriales. Se usan guiones dirigidos para efectuar las prácticas aunque se combinan también con problemas. En la BUAP, la persona que enseña el laboratorio (sólo una) es un maestro, que cumple funciones de exposición de las prácticas, supervisión, revisión y evaluación de las mismas apejándose al más puro estilo clásico pedagógico y sólo recibe ayuda de estudiantes que deseen incorporarse al programa de servicio social enfocado a este rubro. Sin embargo, y a pesar de que el estilo conservador de enseñanza provee de muchas ventajas y evita muchos problemas, su principal conflicto estriba en el presupuesto asignado a los laboratorios ya que efectivamente se cuenta con personal capacitado en cada área para impartirlos pero muchas veces no se cuenta con la abundancia de material necesaria para realizar las prácticas lo que, por supuesto, conlleva dificultades, ya de todos conocidas. A pesar de esto, y como medida para contrarrestar la situación, se ha hecho un esfuerzo por canalizar más recursos económicos a los departamentos con áreas experimentales además de que desde 1999 se ha efectuado un proceso de incorporación de laboratorios de Ingeniería ambiental y alimentos ya que se han incorporado (la especialidad y la carrera, respectivamente) a la oferta educativa de la institución. Existe un programa de "renovación" en lo que corresponde a la parte de operaciones unitarias y en ciencias básicas (en donde, por cierto, consideran tener la parte más fuerte de su plan de estudios).

En general se puede decir que esta Universidad está saliendo del estilo clásico y se "reforma" con ideas diferentes tomadas de instituciones donde han tenido éxito probado lo que les provee un paso firme y seguro, si así se desea ver, y que a pesar de no tomar ningún riesgo grande en innovaciones pedagógicas como otras Instituciones (que ya se analizaron) no es por nada criticable el mantener esta filosofía siempre y cuando de resultados y como recompensa se alcancen los objetivos proyectados exitosamente.

## Programa Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Nivel básico					
Materia	Clave	Horas teoría	Horas práctica	Créditos	Prerrequisitos
Metodología de investigación	MIV 110	-	-	3	S/R
Física I ( Mecánica)	FIS 11	3	2	8	S/R
Introducción a la Ingeniería Química	IQU 01	-	-	2	S/R
Matemáticas I (Algebra lineal)	MAT 207	3	-	8	S/R
Matemáticas II (cálculo diferencial e integral)	MAT 216	5	-	15	S/R
Química inorgánica I	QUI 224	3	2	8	S/R
Lengua extranjera I	TCU 100	-	5	5	S/R
Física II (mecánica II)	FIS 112	3	2	8	FIS 111
Química inorgánica II	QUI 235	3	2	8	QUI 224
Dibujo técnico	ING 106	1	3	5	S/R
Computación	TCU 111	1	3	5	S/R
Física III ( electricidad y magnetismo)	FIS 205	3	2	8	FIS 111
Lengua extranjera II	TCU 101	-	5	5	TCU 100
Fisicoquímica I (teoría de gases termodinámica)	QUI 215	3	2	8	S/R
Matemáticas III (cálculo avanzado)	MAT 221	3	-	8	MAT 216
Química orgánica I	QUI 231	3	2	8	S/R
Fisicoquímica II (Termodinámica II)	QUI 245	3	2	8	QUI 215
Análisis I (cualitativo)	IQU 210	2	5	9	S/R

Ingeniería Química I	IQU 231	3	2	8	IQU 101
Lengua extranjera III	TCU 203	-	5	5	TCU 101
Globalización	TCU 241	2	-	5	S/R
Derechos humanos	TCU 221	2	-	5	S/R
Matemáticas IV (ecuaciones diferenciales)	MAT 257	3	-	8	MAT 221
Fisicoquímica III (equilibrio físico de un componente)	QUI 243	3	2	8	QUI 245
Análisis II (cuantitativo)	IQU 211	2	4	8	IQU 210
Ecología	TCU 231	2	-	5	S/R
Lengua extranjera IV	TCU 204	-	5	5	TCU 203
Análisis numérico y programación	MAT 258	3	4	10	MAT 237
Química orgánica II	QUI 232	3	2	8	QUI 231
Fisicoquímica IV (equilibrio físico multicomponente)	QUI 250	3	2	8	QUI 243
Análisis instrumental	IQU 212	1	5	7	IQU 211
Ingeniería Química II (fenómenos de transporte)	IQU 232	3	2	8	IQU 231
<b>Nivel formativo</b>					
<b>Materia</b>	<b>Clave</b>	<b>Horas teoría</b>	<b>Horas práctica</b>	<b>Créditos</b>	<b>Prerequisitos</b>
Teoría de probabilidad	MAT 418	2	-	7	MAT 221
Fisicoquímica V (equilibrio químico cinética)	QUI 415	3	2	8	QUI 250
Ingeniería Química III (fenómenos de transporte avanzado)	IQU 333	4	1	9	IQU 232
Ingeniería eléctrica	IQU 305	3	1	7	FIS 205
Ingeniería Química aplicada I (flujo de fluidos)	IQU 334	4	1	9	IQU 333
Ingeniería mecánica	IQU 412	3	-	8	FIS 112
Matemáticas aplicada I	IQU 405	2	-	6	MAT 418

Ingeniería económica	IQU 420	3	-	6	S/R
Ingeniería Química aplicada ii (transferencia de calor)	IQU 434	4	1	9	IQU 333
Química aplicada I	IQU 403	3	-	6	S/R
Matemáticas aplicadas II (investigación de operaciones)	IQU 413	3	-	6	MAT 418
Ingeniería Química aplicada III (procesos de separación I)	IQU 435	4	1	9	IQU 333
Ingeniería Química aplicada IV (procesos de separación II)	IQU 436	4	1	9	IQU 435
Química aplicada II	IQU 502	3	-	6	S/R
Ingeniería Química aplicada V (diseño de reactores químicos)	IQU 437	4	1	9	
Ingeniería Química aplicada VI (simulación de procesos)	IQU 438	2	2	6	
Ingeniería Química aplicada VII (Ingeniería de procesos)	IQU 439	4	1	9	
Administración de los procesos químicos I	IQU 500	3	-	6	S/R
Ingeniería Química aplicada VIII (instrumentación y control automático)	IQU 538	4	1	9	
Ingeniería Química aplicada IX (diseño de equipo)	IQU 510	3	2	8	
Ingeniería de proyectos I	IQU 511	3	1	7	IQU 420
Ingeniería de proyectos II	IQU 512	3	1	7	IQU 511
Ingeniería Química aplicada x (Ingeniería de servicios)	IQU 523	3	2	8	IQU 434
Administración de los procesos químicos II	IQU 513	3	-	6	IQU 500
Tronco terminal I	IQU 590	3	-	6	
Tronco terminal II	IQU 591	3	-	6	
Tronco terminal III	IQU 592	3	-	6	
Tronco terminal VI	IQU 593	3	-	6	
Tronco terminal V (proyecto de investigación)	IQU 594	3	6	12	

**Universidad Nacional Autónoma de México, C.U.**

La Institución con la primera escuela de Química, en donde existe, quizá, el más amplio rango de perfiles que se pueden desarrollar porque se pueden dar orientaciones de procesos, proyectos, ambientales, de investigación, etc. con un programa que parece no dar tanto y en donde el mérito radica en el personal académico y en las instalaciones con las que cuenta, rebasadas en algunos aspectos sólo por las del Instituto Politécnico Nacional.

En la Facultad de Química se concibe a la Ingeniería Química como una necesidad social y de mercado pero también como una carrera de Ciencia de ahí que se traten todas las partes del mosaico durante la estancia de un alumno en la escuela. El personal académico abarca desde profesionistas destacados hasta investigadores de tiempo completo, todos estos perfiles se ven involucrados en la educación de un estudiante desde el primer semestre, de esta manera este convive desde el inicio con una amplia gama de posibilidades para su desarrollo y, debido a la libertad de cátedra, cada profesor le da un enfoque distinto a su curso, lo que podría verse de cómo una ventaja porque un alumno puede ir "escogiendo" el terreno en el que se quiere desenvolver pero también como una desventaja debido a que no es un aprendizaje "homogéneo" lo que podría derivar en no muy buenas aportaciones al final de la carrera y el mosaico corre el riesgo de convertirse en una rara mezcla.

Las instalaciones con las que cuenta la Facultad, en cuanto a laboratorios, son diversas, los laboratorios de Ciencias son lo que más recursos tienen, algo difícil de encontrar en una escuela, y quizá el departamento de Química sea el beneficiado aunque, por razones obvias, los alumnos de posgrado son los que más acceso a equipos nuevos tienen. El laboratorio de Ingeniería es más modesto que el que se puede encontrar en el IPN pero que cuenta también con una amplísima variedad de equipos. Recientemente se implantó un programa con el que se está invirtiendo una cantidad considerable de dinero para "vitalizar" este laboratorio. El programa de reforma de la enseñanza experimental no sólo considera comprar equipos para expandir el área de Ingeniería Química sino que tiene por objetivo primordial un cambio estructural y filosófico en cuanto a la manera de ver el aporte del laboratorio. caso que ya se ha tratado en el capítulo referente a este tema, y que tiene como gran reto una mejora importante de la parte experimental en cuanto a enseñanza se refiere.

El plan de estudios parece no ser tan enriquecedor, como ya se dijo. Cuenta con un tronco común (primer semestre) para todas las carreras de la Facultad, en el segundo semestre se diversifican los alumnos a sus respectivos intereses y es ahí donde realmente comienza la carrera de cada alumno. En el periodo terminal de ésta se puede elegir un paquete optativo de especialización y tomar la materia de Ingeniería de proyectos como tal u optar por la opción de realizar un proyecto de investigación de un semestre con una evaluación del tutor del proyecto y una exposición oral a un comité evaluador que dará la nota definitiva, aprobatoria o no.

La carrera es rica en laboratorios y éstos, dependiendo del departamento al que pertenezca, tiene su propio enfoque, por ejemplo, los del departamento de Química optan por que el profesor encargado de enseñar la asignatura sea más un asesor que un exponente, una guía que oriente, mas no resuelva, el problema abierto que se les plantea a los alumnos con cada práctica. Los del departamento de Fisicoquímica son llevados por guiones experimentales establecidos en donde se sigue una ruta de cálculo para resolver un problema planteado en donde se ilustran los conceptos vistos en la teoría que se mezclan durante el semestre con problemas abiertos para evaluar un periodo bimestral o mensual, según el criterio del profesor. Los de Física son más ilustrativos pero no por eso más simples o fáciles de aprobar y los de Ingeniería son quizá, los que más modificaciones han sufrido. Se trató de implementar una exposición al final del semestre (como en el caso de la UIA), se deseó llevar algunos cursos intermedios de la carrera con problemas abiertos tipo "mini proyectos" y en cursos terminales hacer prácticas integradoras, en donde se ocupara más contenido que el que el propio curso daba pero, y a pesar del esfuerzo realizado, no se obtuvieron los resultados deseados lo que dejó más la impresión de de no saber organizarse que de tratar de hacer algo bueno de este laboratorio.

La FQ no es la excepción en cuanto a problemas comunes se trata, ya que padece también, como todas, el problema de la vinculación teoría-laboratorio que se acentúa en determinadas ocasiones por la famosa y mal empleada libertad de cátedra lo que provoca, por más reformas que se hagan, una frustración de los alumnos. Otro caso es el de la creencia, ya muy arraigada por cierto, de que los profesores de laboratorio son de menos "categoría" que los que dan la teoría de una asignatura, a pesar que en el profesorado experimental hay estudiantes de doctorado e investigadores con gran trayectoria y profesores que también dan teoría a alumnos de posgrado situación, que ya de entrada, conlleva un fuerte problema profesional y si a todo esto le añadimos, para colmo de males, un sindicato que la mayoría de las veces en vez de ayudar perjudica, pues... no se antoja fácil la tarea de una reforma de esta magnitud aunque el paso que ha tomado indica que

ésta llegará, tarde o temprano. Por el momento, la forma de enseñar los laboratorios es la ya expuesta y a pesar de que ya hay muchas cosas establecidas y los proyectos de reforma tanto del laboratorio como de enseñanza en general son muy ambiciosos y se están llevando con trabajo duro, aún no se termina de llegar a un acuerdo sobre el camino que deberá tomar la carrera en este aspecto.

Programa de Ingeniería Química Universidad Nacional Autónoma de México, C.U.

Materia	Clave	Tipo	Horas teoría	Horas práctica	Otras	Créditos	Semestre
Cálculo de función de una variable	1101	Obligatoria	3	-	2	8	01
Álgebra	1102	Obligatoria	3	-	2	8	01
Cinemática y dinámica	1103	Obligatoria	3	2	-	8	01
Química general	1104	Obligatoria	5	10	-	20	01
Estructura de la materia	1204	Obligatoria	4	-	-	8	02
Termodinámica	1207	Obligatoria	4	3	-	11	02
Ecuaciones diferenciales	1202	Obligatoria	3	2	-	8	02
Cálculo de función de varias variables	1201	Obligatoria	3	2	-	8	02
Estática	1213	Obligatoria	3	2	-	8	02
Programación y computación	1109	Obligatoria	2	2	-	6	02
Química inorgánica	1304	Obligatoria	3	3	-	9	03
Electromagnetismo	1203	Obligatoria	3	2	-	8	03
Propiedades termodinámicas	1317	Obligatoria	4	2	-	10	03
Balances de materia y energía	1303	Obligatoria	4	2	2	12	03
Fenómenos de transporte	1306	Obligatoria	3	2	-	8	03
Química orgánica I	1305	Obligatoria	3	3	-	9	04
Métodos numéricos	1409	Obligatoria	3	-	-	6	04
Equilibrio físico	1417	Obligatoria	4	2	-	10	04
Flujo de fluidos	1403	Obligatoria	3	4	2	10	04
Ingeniería mecánica	1418	Obligatoria	3	-	-	6	04

Estadística	1418	Obligatoria	3	-	2	8	04
Química orgánica II	1405	Obligatoria	3	3	-	9	05
Equilibrio químico	1517	Obligatoria	4	2	-	10	05
Transferencia de calor	1513	Obligatoria	5	2	-	12	05
Ingeniería eléctrica	1518	Obligatoria	3	-	-	6	05
Análítica I	1516	Obligatoria	3	4	-	10	05
Procesos de separación I	1302	Obligatoria	5	2	-	12	06
Química de los procesos industriales	1615	Obligatoria	3	-	-	6	06
Electroquímica	1611	Obligatoria	4	2	-	10	06
Fenómenos de superficie	1617	Obligatoria	4	2	-	10	06
Análítica II	1516	Obligatoria	3	3	-	10	06
Cinética Química y catalisis	1717	Obligatoria	4	2	-	10	07
Selección y especificación de equipo	1718	Obligatoria	3	-	-	6	07
Ingeniería económica I	1719	Obligatoria	3	-	-	6	07
Ingeniería ambiental	1710	Obligatoria	3	-	-	6	07
Procesos de separación II	1714	Obligatoria	5	2	-	12	07
Dinámica y control de procesos	1814	Obligatoria	4	-	-	10	07
Ingeniería de reactores	1813	Obligatoria	5	2	2	12	08
Simulación y optimización de procesos	1713	Obligatoria	4	2	-	10	08
Ingeniería de servicios	1818	Obligatoria	3	-	-	6	08
Ingeniería económica II	1801	Obligatoria	3	-	-	6	08
Administración industrial	1901	Obligatoria	3	-	-	6	08
Optativa I		Optativa	3	2	-	8	08
Ingeniería de proyectos	1913	Obligatoria	10	10	-	30	09

Seguridad industrial	1910	Obligatoria	3	-	-	6	09
Relaciones humanas en la empresa	1919	Obligatoria	2	1	-	5	09
Optativa II		optativa	3	2	-	8	09

**Paquetes optativos**

Clave	Materia
1010	Polímeros I
1011	Polímeros II
1012	Materiales I
1013	Materiales II
1014	Energéticos I
1015	Energéticos II
1016	Petroquímica I
1017	Petroquímica II

## CAPÍTULO V INTEGRACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS MEXICANO GENERAL

Una vez expuestos los planes de estudios y comentado la situación particular de cada Universidad en el terreno experimental, es interesante ver los números que engloban cada uno de estos programas, lo que tienen en común y el cómo, a partir del análisis que se irá desarrollando en este capítulo, se puede obtener un plan de estudios general, que aportaría una recomendación importante a la hora de hacer reformas en dichos programas. El objetivo de esto es que a partir del trabajo realizado para el estudio se pueda tomar la información contenida en éste para realizar las propuestas de modificación que cada institución considere pertinente tomando en cuenta que, lo que aquí se dará será el mínimo necesario en un plan de estudios para la carrera de Ingeniería Química en México que, en capítulos posteriores, se combinará con una muestra de Universidades extranjeras para completar dicha información e incluir la tendencia de la enseñanza de la Ingeniería Química en Canadá, Estados Unidos y México.

### Estadísticas de los planes.

El análisis abarcará un recuento de los créditos de cada plan de estudios, de las horas totales de cada uno, de los cursos comunes y por último la integración de cada aspecto para definir la propuesta general con la que finalizará este capítulo.

### Créditos

Los créditos, por institución, son los siguientes:

Institución	Obligatorias	Optativas	Total
IPN	495	45	540
UIA	426-418	12-20	438
UAM-I	450	43	493
ULSA	468	12-14	480-482
ITESM (IQA)	410	32	442
ITESM (IQS)	402	32	434
BUAP	443	0	443

UNAM	415	16	431
------	-----	----	-----

**Notas:**

- IPN. Las prácticas y visitas industriales no tiene un valor en créditos pero son requisito indispensable para cumplir con el programa.
- UIA. El número de créditos varía porque depende del subsistema que el alumno escoja para cursar, de ahí que un subsistema contengan una o más materias optativas y, en consecuencia, varíe el número de créditos sin que esto llegue a alterar el total requerido para titulación.
- UAM-I. El número normal y máximo de créditos que deberán cubrirse por trimestre es: en el I, 30; en el II, 39 y 51; en el III y IV, 45 y 57; en el V, 39 y 51; en el VI, 36 y 48; del VII al XII, 45 y 57.
- ITESM. Los cursos remediales no fueron tomados en cuenta para la suma de créditos ya que no todos los alumnos los reciben.

Como puede verse, el IPN tiene el programa con más créditos.

**Número de asignaturas.**

Institución	Obligatorias	Optativas	Total
BUAP	61	0	61
IPN	48	5	53
ITESM (IQA)	54	3	57
ITESM (IQS)	55	3	58
UAM-I	50	12	62
UIA	57-58	2-3	59-61
ULSA	62	4	66
UNAM	45	2	47

**Notas:**

- En ningún caso se tomaron en cuenta prácticas profesionales ni visitas o estancias industriales incluídas en el plan de estudios.
- UIA. El seminario de titulación no se tomó en cuenta.
- ITESM. Los cursos remediales no se incluyeron.

**Horas presenciales.**

Las horas presenciales, por institución, son las siguientes:

Institución	Teoría	Laboratorio	Total
IPN	235.5	75	310.5
UIA	174	32	206
UAM-I	205	87	292
ULSA	203-204	58-62	261-266
ITESM (IQA)	158	19	177
ITESM (IQS)	164	25	189
BUAP	183	66	249
UNAM	168	65	233

**Notas:**

- Para verificar la información contenida en esta tabla deberán estudiarse las matrices de materias mostradas en este mismo capítulo ya que sólo las horas y cursos incluidos en estas fueron los que se tomaron en cuenta.

**Periodos académicos.**

Institución	Periodo	No. Periodos al año	Semanas	Periodo en verano
BUAP	Cuatrimestre	2	16	Si, 9 semanas
IPN	Semestre	2	16	No
ITESM (IQA)	Semestre	2	16	Si, 6 semanas
ITESM (IQS)	Semestre	2	16	Si, 6 semanas
UAM-I	Trimestre	3	11	No
UIA	Semestre	2	17-18	Si, 6 semanas
ULSA	Semestre	2	16	No
UNAM	Semestre	2	16-17	No

**Notas:**

- En ningún caso se incluyeron periodos de exámenes.

ESTA TESIS NO HAYÁ  
DE LA BIBLIOTECA

## Matrices de horas por materia y área académica.

## Matemáticas.

Asignatura	IPN		UIA		UAN-I		ULSA		ITESM IQA		ITESM IQS		BUAP		UNAM	
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L
Álgebra			4		4.5		5						3		3	
Cálculo de función de una variable	4.5		6		9		5		6		6		5		3	
Cálculo de función de varias variables	4.5		4		9		4		3		3		3		3	
Ecuaciones diferenciales	4.5		4		4.5		4		3		3		3		3	
Ecuaciones diferenciales parciales					4.5		3									
Estadística	4.5						3		3		3		2		3	
Estadística y diseño de experimentos			4		4.5				3		3					
Métodos numéricos	4.5		4		4.5		2						3		3	
Probabilidad aplicada					4.5								2			

**TESIS CON  
FALLA LE ORIGEN**

Física.

Asignatura	IPN		UIA		UAM-I		ULSA		ITESM IQA		ITESM IQS		BUAP		UNAM	
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L
Campos					3											
Cinemática y Dinámica	4.5	2	4				3	2	3		3		3	2	3	2
Electricidad aplicada	4.5	2														
Electromagnetismo	4.5	2					3	2	3	1	3	1	3	2	3	2
Estática			4				3	2	3		3		3	2	3	2
Física II									3	1	3	1				
Mecánica y fluidos					3											
Ondas y rotaciones					3											

Química.

Asignatura	IPN		UIA		UAM-I		ULSA		ITESM IQA		ITESM IQS		BUAP		UNAM	
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L
Análítica I	4.5	3	4	2			3	3	3	3	3	3	2	5	3	4
Análítica II	4.5	3	2				3	3					2	4	3	3
Análítica III	4.5	3					3	3					1	5		

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Electroquímica	4.5												4	2
Estructura de la materia					3								4	
Química aplicada I											3			
Química aplicada II											3			
Química de procesos industriales													3	
Química general	4.5	3	4	2				3	3				5	10
Química industrial							3							
Química inorgánica	4.5	3	4	2	4.5	3	5	3	3	3	3	2	3	3
Química inorgánica II					4.5	3	5	3			3	2		
Química orgánica I	4.5	3	4		4	4	4	3	3	3	3	2	3	3
Química orgánica II	4.5	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	2	3	3
Química orgánica III					4	4								
Química V	4.5	3												
Taller de síntesis orgánicas								2	3	2	3			
Transformaciones químicas					3	3								

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Fisicoquímica.

Asignatura	IPN		UIA		UAM-I		ULSA		ITESM IQA		ITESM IQS		BUAP		UNAM	
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L
Cinética Química y catalisis	4.5	3					3	3							4	2
Equilibrio físico	4.5	3	4	2	4.5	3	3	2	3	3	3	3	6	4	4	2
Equilibrio químico	4.5	3					3	2					3	2	4	2
Fenómenos de superficie							3	2							4	2
Fisicoquímica aplicada			2													
Fisicoquímica de sistemas ambientales										3	3					
Propiedades Termodinámicas	4.5	3					3	2					3	2	4	2
Termodinámica	4.5	3	4	2	4.5	3	4	2	3		3		3	2	4	3

Ingeniería Química.

Asignatura	IPN		UIA		UAM-I		ULSA		ITESM IQA		ITESM IQS		BUAP		UNAM	
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L
Automatización de procesos químicos									2	2						
Balances de materia y energía	4.5	3	4		7.5	6	8		6		6		3	2	4	2

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Control de procesos por computadora									3									
Dinámica y control de procesos	4.5			4.5					3	3							4	
Diseño de equipo							3					3	2					
Diseño de procesos químicos								3										
Diseño de reactores I						4	3											
Diseño de reactores II						4	3											
Diseño I (Mecánico)	4.5																	
Diseño II (Tuberías, accesorios, etc.)	4.5																	
Diseño III (Intercambiadores, etc.)	4.5																	
Diseño IV (Plantas y arranque)	4.5																	
Fenómenos de transporte						4	3		3		3	2	3	2				
Fenómenos de transporte avanzado												4	1					
Flujo de fluidos	4.5	3	4	4.5	3	4	2	3	3		4	1	3	2				
Ingeniería de procesos I	4.5	3	4			3					4	1						
Ingeniería de procesos II	4.5	3				2	1											
Ingeniería de proyectos						9						6		10				
Ingeniería de reactores	4.5	3	4	2	9	3			3	3	4	1	5	2				
Instrumentación y control de procesos	4.5	3	4	2			3					4	1					
Introducción a la IQ	4.5		4		3	3		2	2			2						
Laboratorio de procesos y diseño I					3	6												
Laboratorio de procesos y diseño II					3	9												
Laboratorio de procesos y diseño III					3	12												

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Laboratorio integral de control de procesos										2	3					
Mecánica aplicada	4.5															
Operación de plantas			4													
Operaciones unitarias				2	4.5	3				6		6				
Operaciones unitarias III	4.5	3														
Optimización							3									
Procesos de separación I	4.5	3	4		4.5	3	4	3	3		3		4	1	5	2
Procesos de separación II	4.5	3	4	2	4.5		4	3					4	1	5	2
Proyecto de plantas químicas									3							
Reingeniería de procesos											3					
Seguridad industrial	4.5		2													3
Selección y especificación de equipo																3
Simulación y optimización de procesos					4.5						3		2			4
Subsistema			24	8												
Transferencia de calor	4.5	3	4		4.5	3	4	3	3		3		4	1	5	2
Tronco terminal I-V													15	6		

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Otras Ingenierías.

Asignatura	IPN		UIA		UAM-I		ULSA		ITESM IQA		ITESM IQS		BUAP		UNAM	
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L
Ingeniería ambiental			4	2			3				3					3
Ingeniería de servicios							3						3	2		3
Ingeniería eléctrica			2				6						3	1		3
Ingeniería mecánica			2				6						3			3
Introducción a la Ingeniería de calidad			4													

Auxiliares.

Asignatura	IPN		UIA		UAM-I		ULSA		ITESM IQA		ITESM IQS		BUAP		UNAM	
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L
Análisis de la información									3		3					
Análisis de problemas	4	5														
Análisis de procesos									3		3					
Comunidad y compromiso cristiano							2									
Contabilidad							3		3							
Control estadístico de calidad									3							

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Cristo en la actualidad				2					
Derecho laboral	3								
Derechos humanos								2	
Desarrollo de emprendedores					3	3			
Dibujo técnico								1	
Ecología								2	
Ética industrial		2							
Ética profesional				2					
Factor humano				2					
Gestión ambiental							3		
Globalización								2	
Humanidades y Química				2					
Información y reportes técnicos		2							
Investigación de operaciones	4.5		4.5		6			3	
La dimensión humana				2					
Lengua extranjera					5	5		20	
Medio ambiente y tecnología		2							
Método experimental I			4	3					
Método experimental II			3	3					
Metodología de investigación								3	
Programación y computación		6	3	4	6	6	1	2	
Proyecto de sistemas ambientales							3		

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Económico-Administrativas.

Asignatura	IPN		UIA		UAM-I		ULSA		ITESM IQA		ITESM IQS		BUAP		UNAM		
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	
Administración							3										
Administración de la producción									6								
Administración de procesos químicos													6				
Administración financiera									3								
Administración industrial																3	
Economía general			4						3		3						
Economía industrial I	4.5																
Economía industrial II	4.5																
Economía industrial III	4.5																
Economía industrial IV	4.5																
Evaluación de proyectos							3		3								3
Ingeniería económica I							3				3		3				3
Principios de Ingeniería económica			2														

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Optativas y complementarias.

Asignatura	IPN		UIA		UAM-I		ULSA		ITESM IQA		ITESM IQS		BUAP		UNAM		
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	
Área de integración			12														
Cursos sello I-III									9		9						
Optativa							6-5	0-4									
Optativa I-II															6	4	
Optativa I-V	22.5																
Temas selectos de bioIngeniería					4.5												
Temas selectos de Ingeniería de reactores químicos					4.5												
Temas selectos de matemáticas aplicadas a la Ingeniería					4.5												
Temas selectos de mecánica de fluidos					4.5	3											
Temas selectos de procesos de separación					4.5												
Temas selectos de procesos químicos					4.5												
Temas selectos de simulación, optimización y control de procesos					4.5												
Temas selectos de sistemas poliméricos					4.5												
Temas selectos de termodinámica					4.5												
Temas selectos de transferencia de calor y masa					4.5	3											
Tópicos I-IV									12		12						

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

Para obtener las matrices anteriores hay que destacar que se hicieron equivalencias de cursos de acuerdo al contenido de cada uno por lo que muchos de los nombres e inclusive divisiones de ellos no aparecen, para esto se consideran que cursos equivalentes son aquellos que coinciden, por lo menos, en un 75% de su contenido.

Del tratamiento anterior se puede derivar la siguiente información:

*Horas por área académica (Teoría o laboratorio)*  $h_j = \sum \text{Horas de las materias del área correspondiente}$

$$\text{Horas totales } H_j = \sum h_j$$

$$\text{Porcentajes (Teoría o laboratorio)} \quad p_j = \left( \frac{h_j}{H_j} \right) 100$$

$$\text{Porcentaje por área académica} \quad P_j = \left( \frac{h_j^{\text{Teoría}} + h_j^{\text{Laboratorio}}}{H_j} \right) 100$$

donde:

$i = \text{Programa de estudio}$

$j = \text{Área académica}$

Horas por área académica (Teoría).

Institución	Matemáticas	Física	Química	Fisicoquímica	I.Q.	Otras Ing.	Auxiliares	Econo-Admon	Optativa
IPN	22.5	13.5	40.5	22.5	81	0	15	18	22.5
UIA	26	8	22	10	66	12	12	6	12
UAM-I	40.5	9	27	9	60	0	14.5	0	45
ULSA	26	9	30	19	62	18	25	9	6.5
ITESM (IQA)	18	12	17	6	31	0	38	15	21
ITESM (IQS)	18	12	17	9	40	3	38	6	21
BUAP	21	9	23	15	66	9	31	9	0
UNAM	18	9	31	24	54	12	5	9	6
Promedio	23.8	10.2	25.9	14.3	57.5	6.8	22.3	9.0	18.2

Horas por área académica (Laboratorio).

Institución	Matemáticas	Física	Química	Fisicoquímica	I.Q.	Otras Ing.	Auxiliares	Econo-Admon	Optativa
IPN	0	6	24	15	30	0	0	0	0
UIA	0	0	10	4	16	2	0	0	0
UAM-I	0	0	21	6	48	0	6	0	6
ULSA	0	6	21	13	18	0	0	0	0.4
ITESM (IQA)	0	2	6	3	8	0	0	0	0

ITESM (IQS)	0	1	6	6	12	0	0	0	0
BUAP	0	6	22	12	20	3	3	0	0
UNAM	0	6	28	13	14	0	0	0	4
Promedio	0	3.4	17.3	9	20.8	0.6	1.1	0	1.4

Porcentajes (Teoría).

Institución	Matemáticas	Física	Química	Fisicoquímica	I.Q.	Otras Ing.	Auxiliares	Econo-Admon	Optativa
IPN	7.2	4.3	13.0	7.2	26.1	0.0	4.8	5.8	7.2
UA	12.6	3.9	10.7	4.9	32.0	5.8	5.8	2.9	5.8
UAM-I	13.9	3.1	9.2	3.1	20.5	0.0	5.0	0.0	15.4
ULSA	9.8	3.4	11.3	7.1	23.3	6.8	9.4	3.4	-
ITESM (IQA)	10.2	6.8	9.6	3.4	17.5	0.0	21.5	8.5	11.9
ITESM (IQS)	9.5	6.3	9.0	4.8	21.2	1.6	20.1	3.2	11.1
BUAP	8.4	3.6	9.2	6.0	26.5	3.6	12.4	3.6	0.0
UNAM	7.7	3.9	13.3	10.3	23.2	5.2	2.1	3.9	2.6
Promedio	9.9	4.4	10.7	5.9	23.8	2.9	10.1	3.9	7.7

Nota:

- ULSA: Los porcentajes de ésta escuela se obtuvieron tomando como número de horas totales 266 en todos los casos.

Porcentajes (Laboratorio).

Institución	Matemáticas	Física	Química	Fisicoquímica	I.Q.	Otras Ing.	Auxiliares	Econo-Admon	Optativa
IPN	0.0	1.9	7.7	4.8	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0
UIA	0.0	0.0	4.9	1.9	7.8	1.0	0.0	0.0	0.0
UAM-I	0.0	0.0	7.2	2.1	16.4	0.0	2.1	0.0	2.1
ULSA	0.0	2.3	7.9	4.9	6.8	0.0	0.0	0.0	-
ITESM (IQA)	0.0	1.1	3.4	1.7	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
ITESM (IQS)	0.0	0.5	3.2	3.2	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0
BUAP	0.0	2.4	8.8	4.8	8.0	1.2	1.2	0.0	0.0
UNAM	0.0	2.6	12.0	5.6	6.0	0.0	0.0	0.0	1.7
Promedio	0.0	1.4	6.9	3.6	8.2	0.3	0.4	0.0	0.5

Porcentajes (Área académica).

Institución	Matemáticas	Física	Química	Fisicoquímica	I.Q.	Otras Ing.	Auxiliares	Econo-Admon	Optativa
IPN	7.2	8.3	20.8	12.1	35.7	0.0	4.8	5.8	7.2
UIA	12.6	3.9	15.5	6.8	39.8	6.8	5.8	2.9	5.8
UAM-I	13.9	3.1	16.4	5.1	37.0	0.0	7.0	0.0	17.5
ULSA	9.8	5.6	19.2	12.0	30.1	6.8	9.4	3.4	-
ITESM (IQA)	10.2	7.9	13.0	5.1	22.0	0.0	21.5	8.5	11.9

ITESM (IQS)	9.5	6.9	12.2	7.9	27.5	1.6	20.1	3.2	11.1
BUAP	8.4	6.0	18.1	10.8	34.5	4.8	13.7	3.6	0.0
UNAM	7.7	6.4	25.3	15.9	29.2	5.2	2.1	3.9	4.3
Promedio	9.9	5.8	17.6	9.5	32.0	3.1	10.6	3.9	8.3

De aquí se pueden derivar los cursos comunes:

**Criterio:** Para considerar un curso como común se debe presentar en, por lo menos, 6 de los programas que se estudiaron. Los cursos con letras cursivas se consideran como "tendencias" (con 4 o 5 apariciones en los programas).

*Simbología: (No. apariciones en los programas - Nota promedio del curso por semana)*

**Cursos de teoría.**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matemáticas.</li> </ul> <p><i>Álgebra</i></p> <p>Cálculo de función de una variable (8-5.5)</p> <p>Cálculo de función de varias variables (8-4)</p> <p>Ecuaciones diferenciales (8-3.5)</p> <p>Estadística (6-3)</p> <p><i>Estadística y diseño de experimentos (4-3.5)</i></p> <p>Métodos numéricos (6-3.5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Física.</li> </ul>	<p>Química orgánica I (8-3.5)</p> <p>Química orgánica II (8-3.5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fisicoquímica.</b></li> </ul> <p>Equilibrio físico (8-4)</p> <p><i>Equilibrio químico (4-3.5)</i></p> <p><i>Propiedades termodinámicas (4-3.5)</i></p> <p>Termodinámica (8-4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ingeniería.</b></li> </ul> <p>Balances de materia y energía (8-5)</p>	<p>Procesos de separación I (8-4)</p> <p>Procesos de separación II (6-4)</p> <p><i>Simulación y optimización de procesos (4-3)</i></p> <p>Transferencia de calor (8-4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Otras Ingenierías.</b></li> </ul> <p><i>Ingeniería ambiental (4-3)</i></p> <p><i>Ingeniería eléctrica (4-3.5)</i></p> <p><i>Ingeniería mecánica (4-3.5)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Auxiliares.</b></li> </ul>
---	--	---

Cinemática y Dinámica (7-3)	<i>Dinámica y control de procesos</i> (4-4)	<i>Investigación de operaciones</i> (4-4.5)
Estática (6-3)	<i>Fenómenos de transporte</i> (5-3)	<i>Programación y computación</i> (7-4)
Electromagnetismo (6-3)	<i>Flujo de fluidos</i> (8-4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Económico-administrativos.</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Química.</b></li> </ul>	<i>Ingeniería de procesos</i> (4-4)	<i>1 Curso de administración</i> (5-4)
<i>Análítica I</i> (7-3)	<i>Ingeniería de proyectos</i> (4-8)	<i>Ingeniería económica I</i> (4-3)
<i>Análítica II</i> (5-2.5)	<i>Ingeniería de reactores</i> (7-5)	<i>Evaluación de proyectos</i> (4-3)
<i>Química general</i> (5-3.5)	<i>Instrumentación y control de procesos</i> (4-4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Optativos.</b></li> </ul>
<i>Química inorgánica</i> (8-4)	<i>Introducción a la IQ</i> (7-3)	No hay paquetes optativos que cubran los criterios

**Cursos de laboratorio.**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Física.</b></li> </ul>	<i>Química orgánica II</i> (6-3)	
<i>Cinemática y Dinámica</i> (4-2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fisicoquímica.</b></li> </ul>	<i>Flujo de fluidos</i> (5-2)
Electromagnetismo (6-2)	<i>Equilibrio físico</i> (8-3)	<i>Ingeniería de reactores</i> (5-2)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Química.</b></li> </ul>	<i>Equilibrio químico</i> (4-2)	<i>Procesos de separación I</i> (5-2)
<i>Análítica I</i> (7-3)	<i>Propiedades termodinámicas</i> (4-2)	<i>Procesos de separación II</i> (5-2)
<i>Análítica II</i> (4-3)	<i>Termodinámica</i> (6-2.5)	<i>Transferencia de calor</i> (5-2)
<i>Química inorgánica</i> (6-3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ingeniería.</b></li> </ul>	<i>1 Curso de control</i> (4-2.5)
<i>Química orgánica I</i> (5-3)	<i>Balances de materia y energía</i> (4-3)	

Los cursos anteriores, como tales, serían los recomendados como mínimos para que se incluyan en todos los programas de Ingeniería Química que se deseen implementar sea cual sea la filosofía educativa de la institución y el enfoque que ésta de a la carrera.

## **CAPÍTULO VI ANÁLISIS DE UNIVERSIDADES DE CANADÁ Y ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA EN INGENIERÍA QUÍMICA**

En el capítulo que trata a las Universidades mexicanas se trató a cada institución analizada por separado, debido a que cada una tiene diferencias marcadas en cada aspecto académico involucrado en este estudio. En este capítulo se abordarán los aspectos correspondientes a Instituciones de Estados Unidos y Canadá pero, debido a que estas instituciones comparten muchos aspectos relacionados a la manera de abordar los programas de la carrera, sólo se especificarán los que determinen una diferencia notoria que caracterice a la Universidad estudiada.

Los aspectos que comparten fundamentalmente se refieren a:

- Fuerte cantidad de horas de estudio independiente en todos los programas y áreas que componen a cada uno de ellos.
- Laboratorios integrales tanto de Química como de Ingeniería y una marcada tendencia a desarrollar la faceta de investigador en los alumnos con proyectos terminales y algunos intermedios.
- Instalaciones de laboratorios con los recursos suficientes para el desarrollo de los objetivos propuestos en los programas de las asignaturas y no más, ya que el alumnado se enfrentará, en la mayoría de los casos, a más de una experiencia de trabajo intersemestral de Ingeniería requerido para titularse.
- Se enfatiza en todo momento el hecho de que “descubrir” los fenómenos en los laboratorios es lo más importante además del análisis de resultados, dejando a un lado lo demás ya que esto lo aprenderá en sus trabajos intersemestrales.
- Las deficiencias que pudieran tener las universidades en su trabajo de laboratorio, ya sea por infraestructura deficiente para un área o por falta de tiempo para los programas de prácticas, se “compensan” de una u otra forma con pequeñas exposiciones en las aulas equivalentes a lo que las universidades mexicanas llaman experiencias de cátedra, pero que están manejadas de tal forma que impulsen los cursos teóricos y prácticos y no sólo se queden en un bonito experimento.
- Todos los laboratorios de Química e Ingeniería cuentan con sesiones independientes en donde, además de repasar lo que se hará en las prácticas, se analizan y se discuten oralmente los

resultados de las mismas y diferentes aspectos que se involucran en ellas complementando y reafirmando en mucho lo que ahí se estudia.

- La manera de abordar los contenidos de los cursos experimentales es por medio de guiones experimentales que proveen en los inicios de curso de "recetas" mas o menos detalladas pero que al final del curso se convierten en problemas abiertos y en cursos terminales en verdaderas prácticas integrales en donde no sólo se tiene que aplicar lo aprendido en un curso de una asignatura.
- Los proyectos de investigación terminales abarcan un semestre al menos y de este mismo trabajo puede derivar, si así se especifica en los lineamientos de la materia, en un trabajo de tesis que incluso, con el debido trabajo extra por supuesto, puede ser la entrada para un alumno a estudios de posgrado.

Los puntos anteriores, como ya se dijo, son comunes para la mayoría de las universidades a menos que en el análisis que se haga de cada una se indique lo contrario.

#### **Universidad de Alberta, Canadá.**

Todos los estudiantes de Ingeniería comparten el primer año de la carrera. Al término de este año se escoge que carrera de Ingeniería se desea estudiar y, en el caso de Ingeniería Química, también se elige entre las opciones tradicional y cooperativa. En el segundo año se incluyen cursos de matemáticas e inglés comunes para todos.

En el programa tradicional, se estudia de Septiembre a Abril durante cuatro años para poder graduarse. En el programa cooperativo los estudiantes complementan sus estudios con cinco periodos de trabajo intersemestral. El programa es flexible también en las materias optativas ya que con ellas (y a través de una adecuada selección) se pueden adquirir especializaciones en materiales, Biotecnología, Ingeniería ambiental, petróleo y gas natural, polímeros y control de procesos.

## Ingeniería Química Universidad de Alberta, Canadá.

Primer semestre					
Materia	Clave	Horas teoría	Horas Práctica	Horas complementario	Créditos
Introducción a la Química universitaria I	Chem 103	3	3/2	1	4.3
Introducción a la Ingeniería como profesión I	Engg 100	1	-	-	1
Ingeniería mecánica	Engg 130	3	2	-	4
Cálculo I	Math 100	3	-	-	4
Ondas, óptica y sonido	Phys 130	3	3/2	-	3.8
Estudios complementarios		3	-	-	1.5
Segundo semestre					
Introducción a la Química universitaria II	Chem 105	3	3/2	-	3.8
Programación para ingenieros	Excmpl 105	3	1.5	-	3.5
Introducción a la Ingeniería como profesión II	Engg 101	1	-	-	1
Mecánica	Enph 131	3	3/2	1	3.5
Cálculo II	Math 101	3	-	-	3.5
Álgebra lineal aplicada	Math 102	3	-	-	3.5
Tercer semestre					
Introducción a la Ingeniería Química e Ingeniería de materiales	ChE 200	1	-	-	1
Ingeniería termodinámica	ChE 243	3	-	1	3.5
Análisis de procesos	ChE 265	3	3	-	4.5
Química orgánica I	Chem 261	3	3	-	3
Orientación a la educación cooperativa	Engg 299	1	-	1	1.5
Complementaria	Engl 199				1.5

Optativa		3	-	-	
Cálculo III	Math 209	3	-	-	3.5
Complementaria					1.5
Optativa		3	-	-	
<b>Cuarto semestre</b>					
Ciencia de materiales	ChE 265	3	3/2	-	4.5
Fundamentos de Ingeniería eléctrica	EE 239	3	3/2	-	3.8
Ecuaciones diferenciales	Math 201	3	-	-	3.5
Optativa ITS		3	-	-	
Introducción a la estadística para ingenieros	Stat 235	3	-	-	4
Complementarios		3	-	-	1.5
Practica profesional					
<b>Quinto semestre</b>					
Mecánica de fluidos	ChE 312	3	-	1	3.5
Termodinámica en Ingeniería Química	ChE 343	3	-	1	3.5
Laboratorio de Ingeniería Química	ChE 351	2	3	-	3.5
Métodos computacionales en Ingeniería	ChE 374	3	-	1	3.5
Optativa técnica		3	-	-	
<b>Sexto semestre</b>					
Transferencia de calor	ChE 314	3	-	1	3.5
Transferencia de masa	ChE 318	3	2	-	4
Análisis de reactores químicos I	ChE 345	3	-	1	3.5
Análisis de datos de proceso	ChE 358	3	4	-	5
Ingeniería económica	Engg 310	1	-	-	3
Practica profesional					
<b>Séptimo semestre</b>					

Procesos por estaciones de equilibrio	ChE 416	3	2	-	4
Análisis de reactores químicos II	ChE 445	3	-	1	3.5
Dinámica y control de procesos	ChE 446		1	3	3/33
Diseño I	ChE 464	3	3	-	4.5
Coloquio I	ChE 481	1	-	-	1
Optativa técnica		3	-	1	
Practica profesional					
<b>Octavo semestre</b>					
Laboratorio de proyecto I	ChE 454	1	4	-	3
Diseño II	ChE 465	4	4	-	6
Coloquio II	ChE 483	1	-	-	1
Practica y profesión	Engg 400	1	-	-	1
Optativa técnica		3	-	1	
Optativa técnica		3	-	1	

**Universidad de Toronto, Canadá.**

La Universidad de Toronto visualiza a la carrera en Ingeniería Química como una carrera de avance científico, la conceptualiza como una disciplina que se basa en ciencias como la Química, Física, Matemáticas y la Bioquímica en la cual los procesos se conciben, diseñan y operan para efectuar cambios de composición en toda clase de materiales y dice que las habilidades de un ingeniero químico son necesarias para el desarrollo de materiales avanzados y, en general, para la evolución de la alta tecnología lo que consideran el complemento al papel más tradicional de este profesionista pero además le dan una prioridad fundamental en el cuidado al medio ambiente y lo responsabilizan directamente de las evaluaciones de impacto ambiental y las mejoras en la tecnología de evaluación y control de riesgos. Debido a lo anterior es claro el porqué la Universidad tiene un plan un poco diferente, en cuanto a organización, a las demás escuelas que ofrecen la carrera.

El programa se divide en tres partes: La primera de ellas abarca el primer año. En este periodo los estudiantes comparten sus clases con alumnos de todas las Ingenierías lo que establece un tronco común. Al término de este bloque de dos semestres se les da a elegir entre dos opciones mas. La primera opción sigue el denominado "plan tradicional" de la carrera y la segunda opción se denomina "ambiental colaborativa". Ambos programas involucran los mismos cursos fundamentales de Ingeniería Química pero la orientación final es diferente en cada caso.

La segunda parte del programa, una vez elegida la opción (también puede verse como "especialidad"), comprende al segundo y tercer año de la carrera (4 semestres) y se le da un fuerte énfasis a la Física y a la Química orgánica, a las Matemáticas aplicadas y a los cursos normales de Ingeniería, además de se imparte un curso de economía orientado al análisis y se pretende hacer flexible la ultima parte del segundo año con estudios complementarios optativos, cosa que no se logra del todo.

La tercera y última parte del programa es el cuarto año de la carrera (2 semestres). Aquí los estudiantes de ambas opciones (general o tradicional y ambiental colaborativo) tienen amplia oportunidad de elegir cursos optativos, lineamiento que se marca aún más en el plan general, para dirigir sus intereses personales. En el primer semestre de este bloque (séptimo de la carrera) los alumnos participan en el diseño de una planta Química y cada estudiante requerirá de un semestre o dos para un proyecto de investigación que alcanzará la culminación cuando se convierta en tesis que

puede llegar a ser hasta una puerta que le abra el camino directo a un posgrado ya que los coordinadores del área de maestrías están a disposición de aprobar proyectos que, a su manera de ver, sean prometedores, un proyecto de tesis puede ir, entonces, desde el diseño de un proceso y un estudio por computadora de un sistema químico complejo hasta una investigación experimental completa, o sea, que puede ser tan complejo y profundo como las aspiraciones y ambiciones personales de cada alumno lo quieran.

**Ingeniería Química Universidad de Toronto, Canadá.**

El primer año de la carrera está diseñado para que todas las carreras de Ingeniería lo tengan en común. Consiste de dos semestres cada uno consta de cinco asignaturas de igual número de créditos. Los cursos disponibles para la carrera de Ingeniería Química son:

- Físicoquímica.
- Materiales o fundamentos de electricidad o Magnetismo
- Ingeniería Biológica.
- Cálculo I.
- Cálculo II.
- Álgebra lineal aplicada.
- Introducción a fundamentos computacionales.
- Ingeniería de procesos.
- Ingeniería, Sociedad y Ambiente.
- Redacción técnica efectiva.

Ingeniería Química Universidad de Toronto, Canadá.						
Programa general.						
Segundo año						
Materia	Clave	Horas teoría	Horas Práctica	Horas tutela	Créditos	Semestre
Química aplicada I. Química inorgánica	CHE 200HI F	3	6	2	0.63	III
Química aplicada II. Química Orgánica	CHE 203HI F	3	-	1	0.46	III
Mecánica de fluidos	CHE 211HI F	3	-	2	0.46	III
Cálculo y métodos numéricos	CHE 221HI F	3	-	2	0.54	III
Comunicaciones	CHE 298HI F	-	-	2	0.25	III
Ciencia social optativa		-	-	-	0.50	III

Química aplicada III. Química Orgánica	CHE 207H1 S	3	6	-	0.63	IV
Transferencia de calor	CHE 212H1 S	3	-	2	0.46	IV
Ecuaciones diferenciales aplicadas	CHE 222H1 S	3	-	2	0.54	IV
Termodinámica I	CHE 231H1 S	3	3	2	0.54	IV
Ciencia social optativa		-	-	-	0.50	IV
Requerimiento de experiencia practica						IV
<b>Tercer año</b>						
Fundamentos de transferencia de masa	CHE 312H1 F	3	3	2	0.58	V
Termodinámica II	CHE 331H1 F	3	6	2	0.75	V
Cinética de reacciones	CHE 332H1 F	3	-	2	0.54	V
Estadística	CHE 321H1 F	3	-	2	0.54	V
Procesos de separación	CHE 311H1 S	3	4	2	0.67	VI
Dinámica y control de procesos	CHE 322H1 S	3	1	2	0.54	VI
Ingeniería de reacciones químicas	CHE 333H1 S	3	-	2	0.50	VI
Ingeniería de materiales	CHE 341H1 S	2	-	1	0.38	VI
Análisis en Ingeniería económica	CHE 349H1 S	3	-	1	0.50	VI
<b>Fall session. Cuarto año</b>						
Diseño de plantas	CHE 430H1 F	1.5	-	6	1.00	VII
Tesis	CHE 489Y1 Y	-	3	1	0.50	VII
Optativa técnica					0.50	VII
Optativa libre					0.50	VII
<b>o</b>						
Diseño de plantas	CHE 430H1 F	1.5			1.00	VII
Optativa técnica					0.50	VII
Optativa técnica					0.50	VII
Optativa libre					0.50	VII

Winter session. Cuarto año						
Tesis	CHE 489Y1 Y	1	12	-	1.00	VIII
Optativa técnica					0.50	VIII
Optativa técnica					0.50	VIII
Optativa libre					0.50	VIII
o						
Tesis	CHE 499H1 F	1	6	-	1.00	VIII
Optativa técnica					0.50	VIII
Optativa técnica					0.50	VIII
Optativa técnica					0.50	VIII
Optativa libre					0.50	VIII
Optativas técnicas						
Fundamentales				Aplicaciones		
Procesos de separación avanzados				Rutas ecológicas y valoración de impacto ambiental		
Sistemas de partículas fluidas-				Ingeniería en alimentos		
Diseño avanzado de reactores				Propiedades químicas de polímeros		
Modelación y simulación de procesos				Polímeros e Ingeniería		
Electroquímica				Ingeniería de procesos acuosos		
General				Ingeniería de procesos biológicos		
Innovación para ingenieros				Ingeniería ambiental		
				Ingeniería nuclear		
				Temas selectos de Ingeniería		
				Procesos del papel		
				Materiales biológicos		

Ingeniería Química Universidad de Toronto, Canadá.						
Opción ambiental.						
Segundo año						
Materia	Clave	Horas teoría	Horas Práctica	Horas tutela	Créditos	Semestre
Química aplicada I. Química inorgánica	CHE 200H1 F	3	6	2	0.63	III
Química aplicada II. Química Orgánica	CHE 203H1 F	3	-	1	0.46	III
Mecánica de fluidos	CHE 211H1 F	3	-	2	0.46	III
Cálculo y métodos numéricos	CHE 221H1 F	3	2	2	0.54	III
Comunicaciones	CHE 298H1 F	-	-	2	0.25	III
Ingeniería ecológica	CHE 220H1 F	3	-	1	0.50	III
Trnsferencia de calor	CHE 212H1 S	3	-	2	0.46	IV
Ecuaciones diferenciales aplicadas	CHE 222H1 S	3	-	2	0.54	IV
Termodinámica I	CHE 231H1 S	3	3	2	0.54	IV
Química ambiental	EDC 230H1 S	3	3	-	0.50	IV
Hidráulica e Hidrología	EDV 250H1 S	3	1.5	1	0.42	IV
Requerimiento de experiencia practica						IV
Tercer año						
Fundamentos de transferencia de masa	CHE 312H1 F	3	3	2	0.58	V
Termodinámica II	CHE 321H1 F	3	6	2	0.75	V
Cinética de reacciones	CHE 331H1 F	3	-	2	0.54	V
Estadística	CHE 332H1 F	3	-	2	0.54	V
Procesos de separación	CHE 311H1 S	3	4	2	0.67	VI
Dinámica y control de procesos	CHE 322H1 S	3	1	2	0.54	VI

Ingeniería de reacciones químicas	CHE 333HI S	3	-	2	0.50	VI
Ingeniería preventiva y desarrollo social	EDM 304HI S	3	-	1	0.50	VI
Análisis en Ingeniería económica	CHE 349HI S	3	-	1	0.50	VI
<b>Fall session. Cuarto año</b>						
Proyecto de diseño en Ingeniería ambiental	EDC 430HI F	1.5	-	6	1.00	VII
Tesis	CHE 489Y1 Y	-	3	1	0.50	VII
Impacto ambiental y análisis de riesgos	EDV 360HI F	2	-	1	0.38	VII
Optativa técnica ambiental					0.50	VII
<i>0</i>						
Proyecto de diseño en Ingeniería ambiental	EDC 430HIF	1.5	-	6	1.00	VII
Optativa técnica					0.50	VII
Impacto ambiental y análisis de riesgos	EDV 360HI F	2	-	1	0.38	VII
Optativa técnica ambiental					0.50	VII
<b>Winter session. Cuarto año</b>						
Tesis	CHE 489Y1 Y	1	12	-	1.00	VIII
Optativa técnica					0.50	VIII
Optativa técnica u optativa técnica ambiental					0.50	VIII
Ciencia social optativa					0.50	VIII
<i>0</i>						
Tesis	CHE 499HI S	1	6	-	1.00	VIII
Optativa técnica					0.50	VIII
Optativa técnica u optativa técnica ambiental					0.50	VIII
Ciencia social optativa					0.50	VIII
Optativa libre					0.50	VIII

Optativas técnicas

Fundamentales
Procesos de separación avanzados
Sistemas de partículas fluidas
Diseño avanzado de reactores
Modelación y simulación de procesos
Electroquímica

General
Innovación para ingenieros

Aplicaciones
Rutas ecológicas y valoración de impacto ambiental
Ingeniería en alimentos
Propiedades químicas de polímeros
Polímeros e Ingeniería
Ingeniería de procesos acuosos
Ingeniería de procesos biológicos
Ingeniería ambiental
Ingeniería nuclear
Temas selectos de Ingeniería
Procesos del papel
Materiales biológicos

**Universidad de McGill, Canadá.**

La Universidad de McGill tiene un visión de la Ingeniería Química muy particular. Para empezar hace una distinción, redundante pero necesaria, y aclara que un Ingeniero químico no es un químico sino un ingeniero además de que actualmente debe considerársele como un "ingeniero de procesos y sistemas", esto porque es el único preparado y calificado para tratar con el diseño, operación, modelamiento y optimización de todo tipo de sistemas que van desde los de producción o manufactura, sistemas empresariales, sistemas financieros, sistemas económicos, etc. A partir de esta visión se ha elaborado su plan de estudios que resulta muy flexible.

La Universidad de McGill sigue la línea marcada por las demás universidades pero concentrándose más en la parte teórica de las asignaturas. Su plan de estudios está fuertemente orientado a la Ingeniería de procesos pero su sello característico descansa en las materias optativas.

## Programa de Ingeniería Química Universidad McGill, Canadá.

Primer año					
Materia	Clave	Horas teoría	Horas Practica	Créditos	Semestre
Introducción a la Química orgánica I	CHEM 212A,B	3	4	4	I
Cálculo intermedio	MATH 260A,B	3	-	3	I
La practica de la Ingeniería	MIME 221A,B	1	-	1	I
Introducción a la Ingeniería Química	CHEE 200A	3	-	4	I
Laboratorio de mediciones instrumentales	CHEE 291A	2	5	4	I
Temas selectos de Química orgánica	CHEM 234A,B	3	-	3	II
Ecuaciones diferenciales	MATH 261A,B	3	-	3	II
Procesos químicos de manufactura	CHEE 204B	2	3	3	II
Termodinámica para Ingeniería Química	CHEE 220B	3	1	3	II
Computación	COMP 208A,B	3	-	3	II
Segundo año					
Cálculo avanzado	MATH 265A,B	3	-	3	III
Mecánica de fluidos	CHEE 314A	3	3	4	III
Elementos de biotecnología	CHEE 370A	3	-	3	III
Ciencia de materiales	CHEE 380A	3	-	3	III
Ingeniería económica	MIME 310A,B	3	-	3	III
Temas selectos en Fisicoquímica	CHEM 233B	3	-	3	IV
Transferencia de calor y masa	CHEE 315B	3	2	4	IV
Modelado de procesos	CHEE 340B	3	-	3	IV
Procesos de separación	CHEE 351B	3	-	3	IV

Technical paper I	CHEE 360A,B	-	-	1	IV
<b>Tercer año</b>					
Laboratorio de proyectos I	CHEE 392A	3	3	4	V
Ingeniería de reacciones químicas	CHEE 423A	3	1	4	V
Diseño de procesos	CHEE 453A	4	-	4	V
Technical paper II	CHEE 462A,B	-	-	1	V
Complementaria	-	-	-	3	V
Proyecto de laboratorio II	CHEE 393B	2	10	5	VI
Control de procesos	CHEE 455B	3	1	4	VI
Proyecto de diseño I	CHEE 456A,B	1	-	1	VI
Ingeniería de materiales	CHEE 484B	3	-	3	VI
Técnica complementaria	-	-	-	3	VI
<b>Cuarto año</b>					
Proyecto de diseño II	CHEE 457A,B	1	2	5	VII
Ingeniería Bioquímica	CHEE 474A	3	-	3	VII
Técnica complementaria	-	-	-	3	VII
Complementaria	-	-	-	3	VII

\*Los estudiantes que ingresan en Septiembre terminan en 8 semestres.

Técnicas complementarias		Horas	
		T	L
Valoración de impacto tecnológico	CHEE 430A	3	1
Aplicaciones computacionales	CHEE 458A	2	3
Ingeniería de polímeros	CHEE 481A	3	0
Proyectos en Ingeniería Química	CHEE 363,464A	1	0
Proyecto de investigación y seminario	CHEE 494,495A	1	6

Proyecto de investigación ambiental	CHEE 496A	1	6
Aspectos ambientales tecnológicos	CHEE 230B	3	0
Principios de Ingeniería y procesamiento de papel	CHEE 302-438B	3	0
Control de contaminación industrial del aire	CHEE 472B	2	0
Aplicaciones de computo en Ingeniería Química	CHEE 571B	2	0
Soluciones biológicas ambientales	CHEE 591B	3	0
Temas selectos de biotecnología	BIOT 505B	3	0

**Universidad de Wisconsin - Madison, Estados Unidos.**

Esta Universidad es la que más carga académica tiene en cuanto a experimentación se refiere y la que más le apuesta a los laboratorios integradores en la carrera con un contenido robusto. La parte experimental del plan es de alta prioridad para la Universidad como se verá en análisis integral más adelante. Las prácticas profesionales, aunque no están contempladas como requisito indispensable para titularse se promueven desde el sophomore year para que el alumno se inscriba en ellas.

**Programa de Ingeniería Química Universidad Wisconsin – Madison, Estados Unidos.**

Freshman year					
Materia	Clave	Horas teoría	Horas Práctica	Créditos	Semestre
Química general y analítica I	Chem 109	3	3	5	I
Cálculo y geometría analítica I	Math 221	3	-	5	I
Optativa de comunicaciones		-	-	2	I
Optativa libre		-	-	1	I
Optativa libre		-	-	3	I
Química general y analítica II	Chem 110	-	-	5	II
Cálculo y geometría analítica II	Math 222	3	-	5	II
Física I	Physica 201	3	3	5	II
Introducción a la programación	Comp Sci 110	3	-	1	II
Sophomore year					
Proceso de síntesis	CHE 250	2.5	-	3	III

Química orgánica introductoria	Chem 343	3	-	3	III
Cálculo de función de varias variables	Math 234	3	-	3	III
Física II	Physics 202	2	3	5	III
Resolución de problemas por computadora	Comp Sci 310	3	3	3	III
Termodinámica de procesos químicos	CHE 211	3	-	3	IV
Laboratorio de Química orgánica introductoria	Chem 344	-	4	2	IV
Química orgánica intermedia	Chem 345	3	-	3	IV
Ecuaciones diferenciales ordinarias	Math 319	3	-	3	IV
Introducción a la estadística aplicada para ingenieros	Stat 324	3	-	3	IV
Optativa libre		-	-	3	IV
<b>Junior year</b>					
Termodinámica de mezclas	CHE 311	2.5	-	3	V
Introducción a los fenómenos de transporte	CHE 320	3	-	4	V
Circuitos eléctricos y electrónicos	ECE 376	3	1	3	V
Fisicoquímica	Chem 562	3	-	3	V
Laboratorio de Fisicoquímica	Chem 563	-	4	1	V
Optativa libre		-	-	1	V
Laboratorio de fenómenos de transporte	CHE 324	1	3	2	VI
Operaciones de transferencia de calor y momento	CHE 326	2.5	-	3	VI
Optativa de Ingeniería		-	-	3	VI
Optativa de química avanzada		-	-	3	VI
Optativa libre		-	-	3	VI
Optativa libre		-	-	2	VI

Senior year					
Operaciones de transferencia de masa	ChE 426	2.5	-	3	VII
Cinética Química y diseño de reactores	ChE 430	2.5	-	3	VII
Optativa de Química		-	-	3	VII
Optativa de laboratorio de Química		-	-	3	VII
Optativa libre		-	-	3	VII
Ingeniería Química de materiales	ChE 440	2.5	-	3	VIII
Diseño de procesos	ChE 450	2	3	3	VIII
Dinámica y control de procesos	ChE 470	2	3	3	VIII
Optativa de Química		-	-	3	VIII
Optativa libre		-	-	4	VIII
Senior year, summer session.					
Laboratorio de operaciones y procesos	ChE 424	40 horas a la semana		5	IX

<b>Paquetes de especialización</b>	<b>Materias en el paquete</b>
Ingeniería de procesos biológicos	5
Biomedicina	7
Ingeniería ambiental	7
Ingeniería de alimentos	5
Ingeniería de sistemas de procesos	7

Universidad de Stanford, Estados Unidos.

Esta Universidad tiene un programa peculiar debido a que integra algunos cursos especializados como parte de la formación del ingeniero químico pero no tiene mucho énfasis en la parte experimental. El programa está basado en cursos de teoría pero se estimula a los alumnos a tomar prácticas profesionales para completar su formación, aunque no forman parte de los requisitos para obtener el grado. Dependen mucho de las experiencias de cátedra y del estudio independiente.

Programa de Ingeniería Química de Stanford, Estados Unidos.

Clave	Materia	ENGR.		Experimental.	Total	QTR.	Año
		Ciencia	Diseño				
<b>Matemáticas y otras Ciencias (41-52 Unidades)</b>							
Math 41	Cálculo de una variable	-	-	-	5	A	Fr
Math 42	Cálculo de una variable	-	-	-	5	A,W	Fr
Math 51	Cálculo diferencial de varias variables	-	-	-	5	A,W,S	Fr
Math 52	Cálculo integral de varias variables	-	-	-	5	A,W,S	So
Math 53 o	Ecuaciones diferenciales ordinarias	-	-	-	5	A,W,S	So
Engr 155A	Métodos numéricos				4	A,S	So
Phys 53	Mecánica	-	-	-	4	W	Fr
Phys 55	Electricidad y magnetismo	-	-	-	4	S	Fr
Chem 31	Principios de Química	-	-	-	4	A,W	So
Chem 33	Estructura y reactividad	-	-	-	4	W,S	So

Chem 35	Compuestos orgánicos monofuncionales	-	-	-	4	A,S	So
Chem 36	Separaciones químicas	-	-	2	3	S	So
Chem 131	Compuestos orgánicos polifuncionales	-	-	-	3	A,W	Jr
<b>Tecnología y Sociedad (3-9 Unidades)</b>							
<b>Fundamentos de Ingeniería</b>							
3 cursos mínimo, el último no ha sido especificado por el departamento.							
E20	Introducción a la Ingeniería Química	2	1	-	3	S	Fr/So
E25	Biotecnología	2	1	-	3	A	So
<b>Ingeniería (54 Unidades)</b>							
Bio 41	Evolución, Genética y Bioquímica	5	-	-	5	A	So
ChE 10	La Ingeniería Química como profesión	-	-	-	1	A	Sr
ChE 100	Modelado de procesos químico, Dinámica y control	2	1	-	3	A	Jr
ChE 110	Equilibrio termodinámico	2	1	-	3	W	Jr
ChE 120A	Mecánica de fluidos	3	1	-	4	W	Jr
ChE 120B	Transporte de masa y energía	3	1	-	4	S	Jr
ChE 130	Procesos de separación	2	1	-	3	S	Jr
ChE 150	Ingeniería Bioquímica	2	1	-	3	A	Sr
ChE 140	Tecnología microelectrónica de procesos	2	1	-	3	S	Sr
or ChE160	Polímeros e Ingeniería	2	1	-	3	W	Sr
ChE 170	Cinética y diseño de reactores	2	1	-	3	A	Sr
ChE 180	Diseño de plantas químicas	-	3	-	3	S	Sr
ChE 185AB	Laboratorio de Ingeniería Química	2,2	1,1	2,2	3,3	A,W	Sr
Chem 130	Teoría y práctica de identificación	4	-	4	4	A	Sr
Chem 171	Termodinámica Química	3	-	-	3	A	Jr
Chem 173	Química cuántica	3	-	-	3	W	Jr
Chem 175	Teoría cinética y mecánica estadística	3	-	-	3	S	Jr

Secuencia sugerida para estudios de Ingeniería.

Freshman year											
Fall				Winter				Spring			
	Math/				Math/				Math/		
Materia	Ciencia	Ingeniería	Otra	Materia	Ciencia	Ingeniería	Otra	Materia	Ciencia	Ingeniería	Otra
Math 41	5	-	-	Math 42	5	-	-	Math 51	5	-	-
Hum	-	-	5	Hum	-	-	5	Hum	-	-	5
Aux I	-	-	3	Aux II	-	-	3	Aux III	-	-	5
				Phys 53	4	-	-	Phys 55	4	-	-
<i>Subtotal</i>	<i>5</i>	<i>0</i>	<i>8</i>	<i>Subtotal</i>	<i>9</i>	<i>0</i>	<i>8</i>	<i>Subtotal</i>	<i>9</i>	<i>0</i>	<i>10</i>
<b>Total</b>			<b>13</b>	<b>Total</b>			<b>17</b>	<b>Total</b>			<b>19</b>

Sophomore year											
Fall				Winter				Spring			
Chem 31	4	-	-	Chem 33	4	-	-	Chem 35	4	-	-
E25	-	3	-	Math 52	5	-	-	Chem 36	3	-	-
Bio 41	-	5	-	Aux IV	-	-	5	E20	-	3	-
Aux V	-	4	-					Math 53	5	-	-
<i>Subtotal</i>	<i>4</i>	<i>12</i>	<i>0</i>	<i>Subtotal</i>	<i>9</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>Subtotal</i>	<i>12</i>	<i>3</i>	<i>0</i>

Total			16	Total			14	Total			15
<b>Junior year</b>											
<b>Fall</b>				<b>Winter</b>				<b>Spring</b>			
Chem 171	-	3	-	Chem 173	-	3	-	Chem 175	-	3	-
Chem 131	3	-	-	ChE 110	-	3	-	ChE 130	-	3	-
ChE 100	-	3	-	ChE 120A	-	4	-	ChE 120B	-	4	-
Idioma	-	-	5	Idioma	-	-	5	Idioma	-	-	5
<b>Subtotal</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
<b>Total</b>			<b>14</b>	<b>Total</b>			<b>15</b>	<b>Total</b>			<b>15</b>
<b>Senior year</b>											
<b>Fall</b>				<b>Winter</b>				<b>Spring</b>			
Chem 130	-	4	-	ChE optativa	-	3	-	ChE 180	-	3	-
ChE 150	-	3	-	ChE 185B	-	3	-	Aux VII	-	-	5
ChE 170	-	3	-	Aux VI	-	-	5	Engr. Fund.	-	4	-
ChE 185A	-	3	-	Optativa	-	-	3	Optativa	-	-	3
ChE 10	-	1	-								
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>Total</b>			<b>14</b>	<b>Total</b>			<b>14</b>	<b>Total</b>			<b>15</b>

**Total de unidades 181**

**Universidad de Texas, Estados Unidos.**

El programa de la Universidad de Texas se divide , por los cursos requeridos, en tres categorías: básica, mayor y la de otros cursos requeridos pero también se da la oportunidad de que los alumnos desarrollen habilidades o intereses personales en una o más áreas que contempla el programa de la carrera. Para esto, los estudiantes deberán seleccionar una o dos áreas técnicas para sus estudios y de éstas deberán cubrir 12 créditos por semestre de una o 6 de cada área si ha elegido 2. Las áreas a elegir son:

- Área I, Análisis y control de procesos.
- Área II, Polímeros
- Área III, Ingeniería de materiales electrónicos
- Área IV, Ingeniería ambiental
- Área V, Ingeniería de procesos
- Área VI, Ingeniería de producto
- Área VII, Ingeniería Biomédica
- Área VIII, Biotecnología

Y como se puede ver es casi seguro que el área de especialidad que se desee cubrirá las necesidades e interés de cada alumno, más adelante se detallan los cursos que comprenden cada una pero cabe aclarar que no es la lista definitiva, ya que están en constante renovación y también están sujetas a disponibilidad en el semestre pero hay una lista proporcionada por el departamento de la carrera que sirve, en mucho, para ilustrar los contenidos de cada una.

Categorías de materias en el programa (Cursos requeridos para obtener el grado de Ingeniero químico):

Materia	Créditos
<b>Cursos básicos</b>	
Chemical Engineering 317, Chemistry 302, 204, 618A, 118K, Mathematics 408C, 408D, 427K, Mechanical Engineering 210, Physics 303K, 303L, 103M, 103N, Rhetoric and Composition 306	37
<b>Cursos mayores</b>	
Chemical Engineering 322, 333T, 448, 350, 353, 353M, 354, 360, 363, 264, 372, 473K	37
Optativa de área	6

<b>Otros cursos requeridos</b>	
Chemistry 618B, 118L, 353, 153K, Electrical Engineering 331 o 331K, Engineering Mechanics 314 o 306, English 316K	17
Optativa de Química, cualquiera de las siguientes: Chemistry 431, 354 y 154K, 354L y 154K, 455	4
Optativa avanzada de Matemáticas, Física, Química o Biología	3
Gobierno Americano, incluye gobierno de Texas	6
Historia americana	6
Optativa de Humanidades o Artes	3
Optativa de Ciencias sociales	3
Optativa de área	6
<b>Mínimo requerido</b>	<b>128</b>

## Programa de Ingeniería Química de Universidad de Texas, Estados Unidos.

Ingeniería Química Universidad de Texas, Estados Unidos.						
Secuencia sugerida.						
Primer año						
Materia	Clave	Horas teoría	Horas Práctica	Horas tutoría	Créditos	Semestre
Principios de Química	CH 302	4	4	1	3	I
Cálculo diferencial e integral	M 408C	3	-	2	4	I
Introducción a la Ingeniería Química	CHE 102	1	-	1	1	I
Diseño de gráficas en Ingeniería	M E 210	2	3	-	2	I
Composición y retórica	RHE 306	3	-	-	3	I
Optativa de Humanidades		-	-	-	3	I
Introducción a la Química práctica	CH 204	1	4	1	2	II
Secuencias, series y cálculo multivariable	M 408D	3	-	2	4	II
Ingeniería física I	PHY 303K	4	-	-	3	II
Laboratorio de Física 303K	PHY 103M	-	3	-	1	II
Gobierno americano		3	-	-	3	II
Optativa de Humanidades		-	-	-	2	II
Segundo año						
Química orgánica	CH 618*	3	-	1	3	III
Laboratorio de Química orgánica	CH 118K	1	3	-	1	III
Introducción al análisis en Ingeniería Química	CHE 317	3	-	1	3	III

Cálculo avanzado I	M 427K	3	-	2	4	III
Ingeniería física II	PHY 303L	4	-	-	3	III
Laboratorio de Física 303L	PHY 103N	-	3	-	1	III
Química orgánica	CH 618B	3	-	1	3	IV
Laboratorio de Química orgánica	CH 118L	1	3	-	1	IV
Fisicoquímica	CH 353	3	-	1	3	IV
Computación en Ingeniería Química	CHE 448	3	3	-	4	IV
Fenómenos de transporte	CHE 353	3	-	2	3	IV
Literatura	E 316K	3	-	1	3	IV
<b>Tercer año</b>						
Laboratorio de Fisicoquímica	CH 153K	-	3	-	1	V
Termodinámica	CHE 322	3	-	1	3	V
Comunicación en Ingeniería	CHE 333T	-	-	-	3	V
Operaciones unitarias I: Procesos de transporte	CHE 354	3	-	1	3	V
Circuitos eléctricos, electrónicos y maquinaria o E E 331K, Circuitos eléctricos y electrónicos	E E 331	3/3	-	-	3	V
Mecánica o E M 306, Estática	E M 314	3	-	-	3	V
Laboratorio de mediciones, control y análisis de datos	CHE 353M	1	5	-	3	VI
Operaciones unitarias II: Procesos de separación	CHE 363	3	-	1	3	VI
Historia americana		2	-	-	3	VI
Optativa de Química		-	-	-	4	VI
Curso técnico		-	-	-	3	VI

Cuarto año						
Ingeniería Química de materiales	CHE 350	3	-	-	3	VII
Laboratorio de proyectos y procesos químicos	CHE 264	-	6	-	2	VII
Análisis y diseño de reactores químicos	CHE 372	3	-	1	3	VII
Curso de Ingeniería Química		-	-	-	3	VII
Gobierno americano		3	-	-	3	VII
Curso de Matemáticas, Física, Química u optativa de Biología		-	-	-	3	VII
Control de procesos	CHE 360	3	1	-	3	VIII
Diseño de procesos y operaciones	CHE 473K	3	-	1	4	VIII
Historia americana		2	-	-	3	VIII
Curso de Ingeniería Química		-	-	-	3	VIII
Curso técnico		-	-	-	3	VIII

**Áreas técnicas o de especialidad.**

• **Área I, Análisis y control de procesos.**

Chemical Engineering 342, Ingeniería económica y análisis de negocios  
Chemical Engineering 356, Optimización: Teoría y practica  
Electrical Engineering 370K, Control de sistemas por computadora  
Chemical Engineering 376K, Evaluación de procesos y control de calidad  
Electrical Engineering 379K, Control estadístico de calidad  
Mechanical Engineering 335, Probabilidad y estadística para ingenieros  
Mechanical Engineering 366L, Investigación de operaciones

• **Área II, Polímeros.**

Chemical Engineering 355, Introducción a la Ingeniería de polímeros  
Chemical Engineering 356, Optimización: Teoría y practica  
Chemical Engineering 376K, Evaluación de procesos y control de calidad  
Chemical Engineering 363K, Procesos poliméricos  
Chemistry 367L, Química molecular

• **Área III, Ingeniería de materiales electrónicos.**

Chemical Engineering 323, Ingeniería Química microelectrónica  
Chemical Engineering 355, Introducción a la Ingeniería de polímeros  
Chemical Engineering 357, Tecnología y su impacto en el medio ambiente  
Chemical Engineering 363K, Procesos poliméricos  
Chemical Engineering 376K, Procesos de evaluación y control de calidad  
Chemistry 431, Química inorgánica  
Chemistry 455, Fundamentos de Química analítica  
Electrical Engineering 339, Dispositivos electrónicos en estado sólido

• **Área IV, Ingeniería ambiental.**

Biology 211, Biología introductoria: Biología celular  
Biology 212, Biología introductoria: Genética y evolución  
Biology 213, Biología introductoria: Ecología y diversidad  
Biology 214, Biología introductoria: Estructura y función de organismos  
Biology 226R, Microbiología general: Estructura y funciones de células microbiológicas  
Biology 226S, Microbiología general: Ecología y Fisiología microbiológica  
Biology 339, Metabolismo y Bioquímica de microorganismos  
Chemical Engineering 339, Introducción a la Ingeniería Bioquímica  
Chemical Engineering 341, Diseño ambiental  
Chemical Engineering 357, Tecnología y su impacto en el medio ambiente  
Chemical Engineering 376K, Procesos de evaluación y control de calidad  
Civil Engineering 341, Introducción a la Ingeniería Ambiental  
Civil Engineering 342, Ingeniería de tratamiento de aguas  
Civil Engineering 346K, Hazardous Waste Management  
Civil Engineering 364, Diseño de equipo para tratamiento de aguas residuales  
Civil Engineering 369L, Contaminación del aire  
Civil Engineering 370K, Análisis y muestreo ambiental

• **Área V, Ingeniería de procesos.**

Architectural Engineering 323K, Administración de proyectos  
Chemical Engineering 340, Desarrollo de productos y procesos  
Chemical Engineering 341, Diseño ambiental  
Chemical Engineering 342, Ingeniería económica y análisis de negocios  
Chemical Engineering 355, Introducción a la Ingeniería de polímeros

Chemical Engineering 356, Optimización: Teoría y practica  
Chemical Engineering 357, Tecnología y su impacto en el medio ambiente  
Chemical Engineering 363K, Procesos poliméricos  
Chemical Engineering 376K, Procesos de evaluación y control de calidad  
Mechanical Engineering 335, Probabilidad y estadística para ingenieros  
Mechanical Engineering 353, Ingeniería económica

• **Area VI, Ingeniería de producto.**

Chemical Engineering 340, Desarrollo de productos y procesos  
Chemical Engineering 341, Diseño ambiental  
Chemical Engineering 342, Ingeniería económica y análisis de negocios  
Chemical Engineering 355, Introducción a la Ingeniería de polímeros  
Chemical Engineering 357, Tecnología y su impacto en el medio ambiente  
Chemical Engineering 363K, Procesos poliméricos  
Chemical Engineering 376K, Procesos de evaluación y control de calidad  
International Business 378, Negocios internacionales  
Marketing 320F, Fundamentos de marketing  
Marketing 460, Información y análisis  
Mechanical Engineering 335, Probabilidad y estadística para ingenieros  
Mechanical Engineering 353, Ingeniería económica

• **Area VII, Ingeniería Biomédica.**

Biology 211, Biología introductoria: Biología celular y  
Biology 212, Biología introductoria: Genética y evolución  
Biology 213, Introductory Biology 213, Biología introductoria: Ecología y diversidad y Biology 214, Biología introductoria: Estructura y función de organismos  
Biology 320, Biología celular  
Biology 325, Genética  
Biology 226R, Microbiología general: Estructura y funciones de células microbiológicas y Biology 226S,

Microbiología general: Ecología y Fisiología microbiológica  
Biology 365R, Fisiología de vertebrados I  
Biology 365S, Fisiología de vertebrados II  
Chemical Engineering 339, Introducción a la Ingeniería Bioquímica  
Chemical Engineering 355, Introducción a la Ingeniería de polímeros  
Chemical Engineering 376K, Procesos de evaluación y control de calidad  
Chemical Engineering 379, Células y tejidos  
Chemistry 339K, Bioquímica I  
Mechanical Engineering 354, Ingeniería Biomédica

• **Area VIII, Biotecnología.**

Biology 211, Biología introductoria: Biología celular y  
Biology 212, Biología introductoria: Genética y evolución  
Biology 213, Introductory Biology 213, Biología introductoria: Ecología y diversidad y Biology 214, Biología introductoria: Estructura y función de organismos  
Biology 325, Genética  
Biology 226R, Microbiología general: Estructura y funciones de células microbiológicas y Biology 226S, Microbiología general: Ecología y Fisiología microbiológica  
Chemical Engineering 339, Introducción a la Ingeniería Bioquímica  
Chemical Engineering 355, Introducción a la Ingeniería de polímeros  
Chemical Engineering 357, Tecnología y su impacto en el medio ambiente  
Chemical Engineering 376K, Procesos de evaluación y control de calidad  
Chemical Engineering 379, Células y tejidos  
Chemistry 339K, Bioquímica I  
Chemistry 339L, Bioquímica II  
Chemistry 370, Métodos físicos para Bioquímica

**Instituto tecnológico de Massachusetts, Estados Unidos.**

Los requerimientos para obtener el grado en el MIT tienen tres divisiones, la primera y la segunda son generales para todos los estudiantes y la tercera se refiere a las materias propias del programa de la carrera. Los cursos que abarca son los esenciales para la carrera y apuesta también a cursos integradores en el área de Ingeniería, tanto en teoría como en el laboratorio.

**Requerimientos del programa de Ingeniería Química**

<b>Requisitos generales del instituto (GIRs)</b>	<b>Materias</b>
Ciencias	6
Humanidades, Artes y Ciencias sociales	8
Optativas en Ciencia y tecnología (cubiertas por 5.12, 56.60)	2
Laboratorio (cubierto por 5.310)	1

**Requisitos en comunicación**

El programa para estudiantes que ingresaron en el verano del 2001 o posterior incluye 4 materias de requisito en comunicación: 2 materias designadas como comunicación intensiva en Humanidades, Artes y ciencias sociales (CI-H); y 2 materias más de comunicación mayor (CI-M).

Programa de Ingeniería Química del Instituto tecnológico de Massachusetts, Estados Unidos.

Materia	Clave	Horas teoría	Horas practica	Horas tutela	Créditos
Química general	5.112	3	-	3	12
Química orgánica I	5.12	3	-	2	12
Química orgánica II					
o					
Química biológica I	-	3	-	2	12
o					
Bioquímica general					
Laboratorio de Química	5.310	2	8	3	12
Termodinámica y Cinética	5.60	3	-	4	12
Física I: Cinemática y dinámica	8.01	3	-	3	12
Física II: Electromagnetismo	8.02	3	-	3	12
Introducción a la Ingeniería Química	10.10	3	-	4	12
Termodinámica en Ingeniería Química	10.213	3	-	4	12
<i>Una de las siguientes materias:</i>					
Laboratorio de proyectos en Ingeniería Química		1	8	4-3	12
Laboratorio de procesos en Ingeniería Química					
Mecánica de fluidos	10.301	4	-	3	12
Procesos de transporte	10.302	4	-	3	12
Procesos de separación	10.32	4	-	3	12
Cinética Química y diseño de reactores	10.37	3	-	3	9
Ingeniería Química integral I	10.490	3	-	5	8
Ingeniería Química integral II	10.491	3	-	5	8
<i>Dos de las siguientes tres materias:</i>					
Tópicos en Ingeniería Química integral		2	-	2	4
Tópicos en Ingeniería Química integral II					
Tópicos en Ingeniería Química integral III					
Cálculo I	18.01	3	-	4	12
Cálculo II	18.02	3	-	4	12
Ecuaciones diferenciales					
o	18.03	3	-	2	12
Ecuaciones diferenciales					

Optativas					
<b>Optativa de Ingeniería Química</b>					
<i>Más un laboratorio de la lista siguiente:</i>					
Laboratorio de materiales					
Experimentación intermedia en Química					
Introducción a la Biología experimental					
Laboratorio de polímeros					12-15
Laboratorio de proyectos en Ingeniería Química (2)					
Laboratorio de procesos en Ingeniería Química (2)					
Tesis					

## CAPÍTULO VII INTEGRACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS GENERAL DE CANADÁ Y ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Ahora se procederá a hacer un análisis similar, en la medida de lo posible, al que se hizo para las universidades mexicanas en anteriores capítulos para obtener resultados análogos y poderlos integrar para un análisis más.

### *Estadísticas de los planes.*

#### **Créditos**

Los créditos, por institución, son los siguientes:

<b>Institución</b>	<b>Créditos</b>
Alberta	134.7
Toronto	155-160
Toronto amb	153-158
McGill	107
Winsconsin-Madison	134
Stanford	-
Texas	128
MIT	245-248

#### **Notas:**

- Stanford: No se consiguió la información.
- MIT: Solo se consideró la información mostrada en la tabla de materias del programa, no se incluyen créditos de materias complementarias ya que éstos varían semestre a semestre.

Número de asignaturas.

Institución	Obligatorias	Optativas	Total
Alberta	43	6	49
Toronto	30	7-8	37-38
Toronto amb	22	4-6	26-28
McGill	30	2	32
Wiconsin-Madison	29	15	44
Stanford	35	3	38
Texas	42	3	45
MIT	35	2	37

Notas:

- En ningún caso se tomaron en cuenta prácticas profesionales ni visitas o estancias industriales incluídas en el plan de estudios así como tesis, ensayos, y otros cursos que no tiene valor en los créditos del programa.

Periodos académicos.

Institución	Periodo	No. Periodos al año	Semanas	Periodo en verano
Alberta	Semestre	2	15	Si, 6 semanas
Toronto	Semestre	2	15	Si, 6 semanas
Toronto amb	Semestre	2	15	Si, 6 semanas
McGill	Semestre	2	14	Si, 6 semanas
Wiconsin-Madison	Semestre	2	15	Si, 9 semanas
Stanford				Si, 6 semanas
Texas	Semestre	2	15	Si, 9 semanas
MIT	Semestre	2	15	Si, 6 semanas

## Notas:

- En ningún caso se incluyeron periodos de exámenes.

**Horas presenciales.**

Las horas presenciales, por institución, son las siguientes:

Institución	Teoría	Laboratorio	Total
Alberta	99	40.5	139.5
Toronto	81.5	40-49	121.5-130.5
Toronto amb	88.5	37.5-46.5	126-135
McGill	76	35	111
Wisconsin-Madison	70.5	54	124.5
Stanford	94	17	111
Texas	89	35	124
MIT	59	16	75.0



## Notas:

- Las materias optativas no se tomaron en cuenta debido a que elevaría demasiado el número de materias y la duración de éstas por lo que no se podía establecer ni siquiera un rango razonable para los cálculos.

Para verificar la información contenida en ésta tabla deberán estudiarse las matrices de materias mostradas en este mismo capítulo ya que sólo las horas y cursos incluidos en estas fueron los que se tomaron en cuenta.

## Matrices de horas por materia y área académica.

## Matemáticas.

Asignatura	Alberta		Toronto		Toronto (ambiental)		McGill		Wisc-Mad		Stanford		Texas		MIT	
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L
Álgebra	3		3		3											
Cálculo avanzado							3							3		
Cálculo de función de una variable	6		3		3				6		10			3		3
Cálculo de función de varias variables	3		3		3				3		10			3		3
Cálculo intermedio							3									
Ecuaciones diferenciales	3		3		3		3		3		5					3
Estadística	3		3		3				3							
Métodos numéricos			3		3							4				

## Física.

Asignatura	Alberta		Toronto		Toronto (ambiental)		McGill		Wisc-Mad		Stanford		Texas		MIT	
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L
Circuitos eléctricos y electrónicos									3	1				3		
Electricidad y magnetismo											4		4	3		

**TEJES CON  
FALLA DE ORIGEN**

Física I									3	3			4	3	3
Física II									2	3					3
Fundamentos de electricidad y magnetismo			3	1.5	3	1.5									
Mecánica	3	2									4		3		
Ondas, Óptica y sonido	3	2													

## Química.

Asignatura	Alberta		Toronto		Toronto (ambiental)		McGill		Wisc-Mad		Stanford		Texas		MIT	
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L
Compuestos orgánicos monofuncionales												4				
Compuestos orgánicos polifuncionales												3				
Estructura y reactividad												4				
Introducción a la Química práctica													1	4		
Laboratorio de Química															2	8
Principios de Química													4	4		
Química ambiental					3	3										
Química cuántica												3				
Química general	6	4							6	6	4				3	
Química inorgánica			3	6	3											
Química orgánica I	3	3	3				3	4					4	3	3	

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Química orgánica II			3	6	3	6	3					4	3	3	
Química orgánica intermedia									3						
Química orgánica introductoria									3	4					
Separaciones Químicas											3	2			

Fisicoquímica.

Asignatura	Alberta		Toronto		Toronto (ambiental)		McGill		Wisc-Mad		Stanford		Texas		MIT	
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L
Cinética Química y catálisis			3		3				2.5							
Fisicoquímica			3	1.5	3	1.5			3	4			3	3		
Ingeniería termodinámica	3															
Propiedades Termodinámicas											3					
Termodinámica	3		3	3	3	3	3	1	3		3		3		3	
Termodinámica II (equilibrio)			3	6	3	6	3		2.5		2	1			3	

TEXIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Ingeniería Química.

Asignatura	Alberta		Toronto		Toronto (ambiental)		McGill		Wisc-Mad		Stanford		Texas		MIT	
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L
Análisis de datos de proceso	3	4														
Análisis de procesos	3	3														
Análisis de reactores químicos	6												3			
Cinética y diseño de reactores											2	1			3	
Dinámica y control de procesos	3	3	3	1	3	1	3	1	2	3	2	1	3	1		
Diseño	7															
Diseño de plantas			1.5									3				
Diseño de procesos							4		2	3			3			
Fenómenos de transporte													3			
Ingeniería de procesos			3		3											
Ingeniería de reacciones químicas			3		3	1	3	1								
Ingeniería Química integral I																3
Ingeniería Química integral II																3
Introducción a la IQ	1						3				2	1	1		3	
Introducción a los fenómenos de transporte									3							
Introducción al análisis en Ingeniería Química													3			
Laboratorio de fenómenos de transporte									1	3						
Laboratorio de Ingeniería Química	2	3									4	2				

TRIS C N  
FALLA LE ORIGEN

Laboratorio de mediciones, control y análisis de datos												1	5						
Laboratorio de operaciones y procesos										24									
Laboratorio de proyectos	1	4					3	3									1	8	
Laboratorio de proyectos II							2	10											
Laboratorio de proyectos y procesos														6					
Materiales							3						3						
Mecánica de fluidos	3		3		3		3	3				3	1					4	
Modelado de procesos							3												
Operaciones de transferencia de calor y momentum										3									
Procesos de separación			3	4	3	4	3					2	1	3				3	
Procesos de síntesis										2.5									
Procesos de transporte													3					3	
Procesos por estaciones de equilibrio	3	2																	
Procesos químicos de manufactura							2	3											
Proyecto de diseño I							1												
Proyecto de diseño II							1	2											
Transferencia de calor	3		3		3														
Transferencia de calor y masa							3	2				3	1						
Transferencia de masa	3	2	3	3	3	3				2.5									

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Otras Ingenierías.

Asignatura	Alberta		Toronto		Toronto (ambiental)		McGill		Wisc-Mad		Stanford		Texas		MIT		
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	
Ingeniería biológica			3		3												
Ingeniería Bioquímica							3				2	1					
Ingeniería de materiales	3	2	2				3		2.5								
Ingeniería ecológica					3												
Ingeniería eléctrica	3	2															
Ingeniería mecánica	3	2															

Auxiliares.

Asignatura	Alberta		Toronto		Toronto (ambiental)		McGill		Wisc-Mad		Stanford		Texas		MIT		
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	
Coloquio I y II	2																
Composición y retórica													3				
Computación							3						3				
Diseño de gráficos en Ingeniería													2				
Elementos de biotecnología							3				2	1					
Fundamentos computacionales			3		3												

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Económico-Administrativas.

Asignatura	Alberta		Toronto		Toronto (ambiental)		McGill		Wisc-Mad		Stanford		Texas		MIT		
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	
Ingeniería económica	1		3		3		3										

Optativas y complementarias.

Asignatura	Alberta		Toronto		Toronto (ambiental)		McGill		Wisc-Mad		Stanford		Texas		MIT		
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	
Complementarios	12																
Optativa																3	
Optativa I	3																
Optativa II	3																
Optativa ITS	3																
Optativa técnica	12		9-15		9-12												

Del tratamiento anterior se puede derivar la siguiente información:

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Horas por área académica (Teoría o laboratorio)  $h_i = \sum$  Horas de las materias del área correspondiente

Horas totales  $H_j = \sum h_j$

Porcentajes (Teoría o laboratorio)  $p_{ij} = \left( \frac{h_{ij}}{H_j} \right) 100$

Porcentaje por área académica  $P_j = \left( \frac{h_j^{\text{Teoría}} + h_j^{\text{Laboratorio}}}{H_j} \right) 100$

donde:

$i$  = Programa de estudio

$j$  = Área académica

#### Horas por área académica (Teoría)

Institución	Matemáticas	Física	Química	Fisicoquímica	I.Q.	Otras Ing.	Auxiliares	Econo-Admón
Alberta	18	6	9	6	38	9	12	1
Toronto	18	3	9	12	22.5	5	9	3
Toronto amb	18	3	9	12	21	6	18.5	3
McGill	9	6	6	6	37	6	9	3
Wiscónsin-Madison	15	8	12	11	16	2.5	6	6

Stanford	29	8	21	8	18	2	8	0
Texas	9	14	13	6	26	0	21	0
MIT	9	6	11	6	23	0	4	0
Promedio	15.6	6.0	11.3	8.4	25.2	3.8	10.7	1.3

Horas por área académica (Laboratorio)

Institución	Matemáticas	Física	Química	Fisicoquímica	I.Q.	Otras Ing.	Auxiliares	Econo-Admon
Alberta	0	4	7	0	22	6	1.5	0
Toronto	0	1.5	12	10.5	8	0	8-17	0
Toronto amb	0	1.5	9	10.5	- 9	0	7.5-16.5	0
McGill	0	0	4	1	25	0	5	0
Wisconsin-Madison	0	7	10	4	33	0	0	0
Stanford	0	0	2	1	11	1	2	0
Texas	0	6	14	3	12	0	0	0
MIT	0	0	8	0	8	0	0	0
Promedio	0.0	2.5	8.3	3.8	18.0	0.9	1.1	0.0

Porcentajes (Teoría)

Institución	Matemáticas	Física	Química	Fisicoquímica	I.Q.	Otras Ing.	Auxiliares	Econo-Admón
Alberta	12.9	4.3	6.5	4.3	27.2	6.5	8.6	0.7
Toronto	13.8	2.3	6.9	9.2	17.2	3.8	6.9	2.3
Toronto amb	13.3	2.2	6.7	8.9	15.6	4.4	12.2	2.2
McGill	8.1	0.0	5.4	5.4	33.3	5.4	6.1	2.7
Wisconsin-Madison	10.7	5.7	8.5	7.8	11.4	1.8	4.3	0.0
Stanford	26.1	7.2	18.9	7.2	16.2	1.8	7.2	0.0
Texas	7.3	11.3	10.5	4.8	21.0	0.0	16.9	0.0
MIT	12.0	8.0	14.7	8.0	30.7	0.0	5.3	0.0
Promedio	13.0	5.1	9.8	7.0	21.6	3.0	8.7	1.0

Porcentajes (Laboratorio)

Institución	Matemáticas	Física	Química	Fisicoquímica	I.Q.	Otras Ing.	Auxiliares	Econo-Admón
Alberta	0.0	2.9	5.0	0.0	15.8	4.3	1.1	0.0
Toronto	0.0	1.1	9.2	8.0	6.1	0.0	-	0.0
Toronto amb	0.0	1.1	6.7	7.8	6.7	0.0	-	0.0
McGill	0.0	0.0	3.6	0.9	22.5	0.0	4.5	0.0
Wisconsin-	0.0	5.0	7.1	2.8	26.5	0.0	0.0	0.0

Madison								
Stanford	0.0	0.0	1.8	0.9	9.9	0.9	1.8	0.0
Texas	0.0	4.8	11.3	2.4	9.7	0.0	0.0	0.0
MIT	0.0	0.0	10.7	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0
Promedio	0.0	1.9	6.9	2.9	13.5	0.7	1.2	0.0

## Porcentajes (Área académica)

Institución	Matemáticas	Física	Química	Fisicoquímica	I.Q.	Otras Ing.	Auxiliares	Econo-Admon
Alberta	12.9	7.2	11.5	4.3	43.0	10.8	9.7	0.7
Toronto	13.8	3.4	16.1	17.2	23.4	3.8	-	2.3
Toronto amb	13.3	3.3	13.3	16.7	22.2	4.4	-	2.2
McGill	8.1	0.0	9.0	6.3	55.9	5.4	12.6	2.7
Wisconsin-Madison	10.7	10.7	15.7	10.7	39.4	1.8	4.3	0.0
Stanford	26.1	7.2	20.7	8.1	26.1	2.7	9.0	0.0
Texas	7.3	16.1	21.8	7.3	30.6	0.0	16.9	0.0
MIT	12.0	8.0	25.3	8.0	41.3	0.0	5.3	0.0
Promedio	13.0	7.0	16.7	9.8	35.2	3.6	9.6	1.0

**Notas:**

- U. Toronto: El número de horas totales para los cálculos de porcentajes es el mayor (130.5 y 135 para Toronto y Toronto amb. respectivamente).
- Los promedios de las materias auxiliares son sobre 6 materias.
- Las materias optativas no se tomaron en cuenta debido a que vería demasiado el número de materias y la duración de éstos por lo que no se podía establecer ni siquiera un rango razonable para los cálculos.

Para obtener las matrices anteriores, al igual que en la parte correspondiente a las Universidades mexicanas, hay que destacar que se hicieron equivalencias de cursos de acuerdo al contenido de cada uno por lo que muchos de los nombres e inclusive divisiones de ellos no aparecen, para esto se consideran que cursos equivalentes son aquellos que coinciden, por lo menos, en un 75% de su contenido.

De lo anterior se pueden derivar los cursos comunes:

**Criterio:** Para considerar un curso como común se debe presentar en, por lo menos, 6 de los programas que se estudiaron. Los cursos con letras cursivas se consideran como "tendencias" (con 4 o 5 apariciones en los programas).

*Sinómbolo: (Nº apariciones en los programas - Hora promedio del curso por semana)*

Una vez más, los cursos, como tales, serían los recomendados como mínimos para que se incluyan en todos los programas de Ingeniería Química que se deseen implementar sea cual sea la filosofía educativa de la institución y el enfoque que ésta dé a la carrera.

Cursos de teoría.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Matemáticas.</b> Cálculo de función de una variable (7-5) Cálculo de función de varias variables (7-4) Ecuaciones diferenciales (7-3) <i>Estadística</i> (4-3)</li> <li>• <b>Física.</b> No hay materias que cubran los requerimientos</li> <li>• <b>Química.</b> <i>Química orgánica I</i> (5-3)</li> </ul>	<p><i>Química orgánica II</i> (5-3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fisicoquímica.</b> Equilibrio (5-3) Termodinámica (8-3) Fisicoquímica (4-3)</li> <li>• <b>Ingeniería.</b> Dinámica y control de procesos (7-3) <i>Introducción a la IQ</i> (5-2) Mecánica de fluidos (6-3) Procesos de separación (6-3)</li> </ul>	<p><i>Transferencia de masa</i> (4-3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Otras Ingenierías</b> <i>Ingeniería materiales</i> (4-3)</li> <li>• <b>Auxiliares.</b> No hay materias que cubran los requerimientos</li> <li>• <b>Económico-administrativas.</b> No hay materias que cubran los requerimientos</li> <li>• <b>Optativas.</b> No hay materias que cubran los requerimientos</li> </ul>
--	--	---

Cursos de Laboratorio.

Los datos recopilados muestran que no hay información concluyente para poder aplicar el criterio mencionado y derivar un mínimo de cursos de laboratorio a excepción de:

- Fisicoquímica (4-2.5) y
- Dinámica y control de procesos (7-1)

Por lo demás, solo se puede decir que los laboratorios de la carrera son, en su mayoría, integrales, por lo que es común ver un laboratorio de Química, un laboratorio de Ingeniería o laboratorios que cumplen más con la función de cubrir una deficiencia teórica o establecer una característica marcada que identifique a la Universidad y sea congruente con su perfil.

## CAPÍTULO VIII ANÁLISIS PRELIMINAR

Ya se han mostrado tanto los planes de estudio de cada institución incluida en este trabajo como las estadísticas correspondientes a cada uno de ellos. Ahora lo que resta es integrar la información, evaluarla y analizarla para derivar las conclusiones finales, enfocados, siempre, a los laboratorios y a la parte experimental, que es la que atañe al presente análisis.

En lo que respecta a las universidades nacionales se evidencia una tendencia uniforme y homogénea para enseñar los laboratorios, ésta consiste mayormente en introducir a los alumnos a la parte experimental de una asignatura por medio de guiones en donde se trata una técnica para resolver un problema determinado a diferencia de las escuelas extranjeras en donde se hace, efectivamente, una introducción a los laboratorios de la misma forma en que se hace aquí pero, tanto los guiones como los mismos problemas evolucionan no sólo con el curso en sí sino con la carrera haciéndose cada vez más ingrádore aspecto que, sin duda alguna, beneficia de manera notable el desempeño del alumnado en su vida laboral ya que si bien es cierto (y como muestran las matrices de análisis) se imparten mucho menos asignaturas experimentales en E.U. y Canadá, éstas resultan ser suficientes. Las materias optativas no se distribuyen de igual forma ya que parecieran tener una "hegemonía" en la parte nacional pero el la parte extranjera no existe tal, ya que los cursos abarcan desde cursos especializados hasta cursos "sello", varían con cada semestre en número y en asignaturas y la elección es tan abierta que no se puede saber con precisión el camino que cada alumno tomará para su formación.

Por lo que respecta a lo académico, se percibe inmediatamente que la filosofía de las universidades extranjeras difiere en mucho a la nacional empezando por un aspecto que soporta toda la educación en éstos países: el estudio independiente, que es menospreciado en la enseñanza nacional sobretodo por las universidades privadas. De aquí nacen las diferencias vistas a lo largo del estudio y que se manifiestan claramente en las estadísticas expuestas, los créditos, el primer aspecto que salta a la vista. Entre el programa del IPN, que es el que contempla mayor número de créditos, y el de la UNAM, que es el que menos créditos tiene, hay 109 créditos de diferencia. En la parte análoga extranjera ocurre que la diferencia entre los programas del MIT y McGill es de 141 créditos, lo que podría verse sin problemas y sin ninguna aportación valiosa hasta que observamos que el programa de la UNAM casi contiene el doble de créditos que el del MIT, cosa que ya nos da indicios de la tendencia que seguirán los programas en los demás aspectos que se analizan y que

deja expuesta la sospecha de que el estudio independiente formará un papel determinante en las diferencias entre universidades extranjeras y nacionales. En lo que se refiere al número de asignaturas la ULSA es la que más imparte y de nuevo la UNAM es la que menos contempla en su programa y la diferencia es de 19 materias entre una y otra. Por el lado extranjero entre la Universidad de Alberta y el programa ambiental de la Universidad de Toronto hay 21 materias de diferencia pero nuevamente se observa que la Universidad de Alberta sólo adelanta a la UNAM en dos asignaturas, lo que ya deja al descubierto que la carga académica en las universidades nacionales es mucho mayor que en las extranjeras, premisa que se confirma cuando se analiza el número de horas presenciales para cada parte. El IPN aparece de nuevo a la cabeza y es ahora el programa de IQA del ITESM el que menos horas abarca, habiendo entre ellos una diferencia escandalosa de 133 horas y entre la Universidad de Winsconsin-Madison y el MIT 65 horas son la diferencia pero entre el programa de IQA del ITESM y la Universidad W-M hay casi 37 horas de diferencia lo que ya no deja duda alguna de que la carga académica nacional es mucho mayor a la extranjera y que el peso que se le asigna al estudio independiente es, evidentemente, alto en E.U. y Canadá. En este punto es conveniente detenerse a señalar que aún sin la inclusión de todas las materias optativas en los programas extranjeros, la tendencia expuesta no se altera, sobre todo en lo que se refiere a las horas presenciales ya que el conjunto no incluido no será significativo para un cambio claro en la tendencia mostrada, y la razón por la que no se incluye esta información es porque cada semestre cambian las asignaturas y es muy abierta la elección de éstas por lo que es imposible saber con precisión el camino que cada alumno tomará.

Ahora centrémonos en cómo se distribuye la carga académica en las instituciones. Basándonos en las matrices que exponen el desglose de horas presenciales, se observan los siguientes aspectos relevantes: Con excepción del apartado de asignaturas marcadas como otras Ingenierías, en donde el promedio de horas es más alto en el extranjero, todos los promedios de horas son superiores en el terreno nacional tanto en la teoría como en el laboratorio. Las cinco áreas de mayor interés (tomando como parámetro el número promedio de horas y sin considerar el área de materias optativas) son:

**Teoría**

Importancia	Nacional	Promedio de horas	Estranjero	Promedio de horas
1	Ingeniería Química	57.5	Ingeniería Química	25.2
2	Química	25.9	Matemáticas	15.6

3	Matemáticas	23.8	Química	11.3
4	Auxiliares	22.3	Auxiliares	10.7
5	Fisicoquímica	14.3	Fisicoquímica	8.4

**Laboratorio**

Importancia	Nacional	Promedio de horas	Extranjero	Promedio de horas
1	Ingeniería Química	20.8	Ingeniería Química	16
2	Química	17.3	Química	8.3
3	Fisicoquímica	9	Fisicoquímica	3.8
4	Física	3.4	Física	2.5
5	Auxiliares	1.1	Auxiliares	1.1

Como se ve, en todos los casos es mayor la carga académica en las escuelas nacionales y en la mayoría de los casos (sobre todo en la teoría) se duplica el número de horas promedio. Enfocándonos en la parte de los laboratorios el mayor número de horas experimentales lo tiene la UAM-I<sup>7</sup> seguida del IPN y el menor el ITESM con el programa IQA y hay una analogía por parte de las escuelas extranjeras en número de horas por parte de la Universidad W-M y el MIT, el cómo se distribuyen éstas se muestra en la tabla pertinente por lo que aquí no se hará mayor comentario pero sí es interesante ver en qué cursos están repartidas, lo que también se muestra en las matrices de materias dejando ver que las escuelas apuestan por mayor número de horas de laboratorio y cursos integrales ya que si se observa bien la tabla de Horas presenciales de Universidades extranjeras el caso W-M es aislado ya que su más cercano competidor está a poco más de 24 horas de diferencia no así el caso nacional donde la diferencia no rebasa las 12 horas lo que asegura una educación más breve pero más efectiva, sumando los aspectos ya analizados porque no hay duda que las materias optativas son usadas por las instituciones educativas (nacionales), en su mayor parte, para dar un sello característico de su filosofía al alumnado y no necesariamente para especializarlo o enriquecerlo más como ocurre en la mayoría de las Universidades de Estados Unidos y Canadá.

<sup>7</sup> Hay que recordar que el número de horas totales al semestre es diferente en la UAM-I ya que el número de semanas es inferior que las demás escuelas analizadas por lo que no dejarse pasar por alto este aspecto.

En lo que se refiere a los porcentajes, sin perder de vista que son sólo porcentajes y no números absolutos, la situación, por área académica es la siguiente:

**Teoría**

Importancia	Nacional	Porcentaje	Extranjero	Porcentaje
1	Ingeniería Química	23.8	Ingeniería Química	21.6
2	Química	10.7	Matemáticas	13
3	Auxiliares	10.1	Química	9.8
4	Matemáticas	9.9	Auxiliares	8.7
5	Fisicoquímica	5.9	Fisicoquímica	7

**Laboratorio**

Importancia	Nacional	Porcentaje	Extranjero	Porcentaje
1	Ingeniería Química	8.2	Ingeniería Química	14.5
2	Química	6.9	Química	6.9
3	Fisicoquímica	3.6	Fisicoquímica	2.9
4	Física	1.4	Física	1.9
5	Auxiliares	0.4	Auxiliares	1.2

**Por Área académica**

Importancia	Nacional	Porcentaje	Extranjero	Porcentaje
1	Ingeniería Química	32	Ingeniería Química	36.1
2	Química	17.6	Química	16.7
3	Auxiliares	10.6	Matemáticas	13
4	Matemáticas	9.9	Fisicoquímica	9.8
5	Fisicoquímica	9.5	Auxiliares	9.6

Este breve resumen de las tablas de porcentajes de universidades nacionales y de universidades extranjeras muestra que en lo que se refiere a la parte teórica las prioridades son distintas ya que en la parte extranjera parecería que sí se pone mayor énfasis en las áreas importantes de la carrera de acuerdo con la importancia que se exhibe en la tabla ya que los porcentajes no representan una diferencia considerable. Los laboratorios tienen igual importancia para ambas partes ya que el orden se comparte pero es mayor el porcentaje dedicado en la mayoría de las áreas en el extranjero y en lo que se refiere a las áreas académicas nuevamente aparecen las

áreas de Ciencia como más importantes para el extranjero, no así la parte nacional donde las materias auxiliares ocupan el tercer lugar de importancia por encima de el área de Matemáticas y la Fisicoquímica, los porcentajes de nuevo no son de marcada diferencia.

Todas las universidades de E.U. y Canadá analizadas, cuentan con periodo de Verano, no así, las nacionales.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Infraestructura.

En lo que respecta a la parte nacional, las universidades que cuentan con el mayor apoyo en este sentido son el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Nacional Autónoma de México y, en menor escala pero sobresaliendo de las demás, la Universidad Autónoma Metropolitana-I aunque no hay que dejar de señalar que todas cuentan con lo mínimo necesario para cubrir los lineamientos que la filosofía educativa de cada una postula, por ejemplo, en la Universidad Iberoamericana no se da "abundancia" de recursos que muestran las Universidades ya mencionadas pero, haciendo valer su enfoque de lo que debería ser la parte experimental de la carrera, cuenta con equipos que cumplen su función, que si bien es cierto que no se puede encontrar una torre de destilación semejante a las que se encuentran en estas escuelas si hay un equipo de menor tamaño con el cual se cumplen los objetivos que se trazan en el programa. Los laboratorios de Ciencias siguen siendo, porque ya lo eran por tradición, los que mejor se conciben a sí mismos y los que mejor entienden lo que debería ser la enseñanza experimental, lo que debería dejar y cómo se debe abordar ya que desde el inicio se persigue un objetivo bien definido de lo que se quiere conseguir con los cursos, este objetivo corresponde al encuentro del conocimiento.

Preocupa el hecho de que en algunos casos el "hambre" de renovación de equipos rebase por mucho el de la mejora educativa y el hecho de que la Universidad Iberoamericana, a pesar de tener uno de los mejores conceptos educativos como ya se mencionó, en lo que a laboratorios de Ingeniería se refiere, no rebase sus límites y que tampoco se ocupe de solucionar problemas que ya están plenamente identificados por el personal académico. Este tipo de actitudes se encuentran, en mayor o menor medida en todas las instituciones, pero esta Universidad resalta de las demás porque ha compensado muy bien sus deficiencias en instalaciones y presupuesto (con las medidas que se trataron en el capítulo pertinente) pero que no ha ido más allá a sabiendas de que la visión que ha adquirido de la enseñanza experimental está por encima del promedio de universidades privadas, ya que el IPN está a la cabeza de las instituciones tratadas en este aspecto particular.

Las instituciones extranjeras cuentan con lo mínimo necesario aunque aquí, en la parte de Ingeniería, compensan sus deficiencias con los programas de prácticas profesionales y trabajos intersemestrales que se promueven en todas las Universidades tratadas, en menor o mayor cantidad según el caso pero invariablemente. Los equipos en la mayoría de los casos son similares a los que las escuelas nacionales manejan sólo que la enseñanza experimental se aborda de otra manera y tiene un objetivo diferente.

### **Enfoque.**

Erróneo en la mayoría de los casos nacionales aunque el IPN es congruente con él mismo y está bien definido y establecido lo que persiguen con el modelo educativo experimental que practican aunque pareciera que caen en el "gigantismo" en toda la carrera tanto teórica como experimentalmente. En general da la impresión de que se ha confundido el objetivo de la enseñanza experimental y de que no se sabe bien a bien para que sirve, si es necesaria o no, qué se puede obtener de ella y mucho menos cómo abordarla y algunos de los que saben no se esfuerzan por homogeneizar lo que practican, muchas veces por obstáculos organizacionales ya que se da, en todas, el caso de que un departamento concibe a la enseñanza experimental de manera diferente a como lo hace otro y por ende se da un enfoque distinto a todo lo que trae como consecuencia una confusión para los alumnos ya que si los departamentos de ciencias, por ejemplo el de Química, se esfuerza por dirigir la enseñanza hacia un encuentro directo con el fenómeno que se estudia, a que el alumno relacione por sí mismo lo que lo envuelve, cómo se afecta y se insta a que el alumno sea activo y principal personaje en el desarrollo de las prácticas y, en suma, a lo que debería de ser la enseñanza experimental, en otro departamento como el de Ingeniería ésta se vuelve un camino para comprobar la teoría, un complemento de una enseñanza teórica unidireccional y, por supuesto, no se invita a los alumnos a relacionar, intuir lo que un fenómeno envuelve, a derivar consecuencias de la manipulación de las variables que lo afectan tanto directa como indirectamente y ya no digamos a manipular por sí mismo un fenómeno, no se integran conocimientos adquiridos y todo ha caído en una "ilustración" de lo aprendido en la teoría la mayoría de las veces, porque sí es de reconocerse que todas las Universidades tienen prácticas en donde se aborda correctamente la enseñanza experimental pero no se plantea como filosofía general, que es lo que frena la adquisición de conocimientos o, por lo menos, la hace más difícil y desemboca en una desorientación de los alumnos ya que tampoco ellos, y como consecuencia de todo, saben bien a bien si les sirvió y en qué su experiencia en los laboratorios de las escuelas lo que conlleva un desconfianza a la hora de enfrentar situaciones de índole experimental en sus empleos, cosa que obstaculiza en alto grado la

labor de los ingenieros químicos y la Universidad termina por no cumplir los objetivos que se propone porque debemos tomar en cuenta que todas pretenden formar ingenieros de procesos, capaces de realizar todas las actividades que le competen, pero ¿Cómo logrará un estudiante, en su vida laboral, analizar (ya no digamos manipular o innovar) un proceso industrial completo si en la Universidad no aprendió ni siquiera a analizar un fenómeno separado efectivamente?

El laboratorio de Ingeniería ha caído en un rezago ya que está lejos de la guía que debe ser, guía que permita al estudiante encontrar él mismo el objeto de conocimiento, el laboratorio no termina por ser explotado de manera provechosa para el estudiante. Algunos maestros que imparten en la misma asignatura la teoría y el laboratorio terminan por tener más idea de lo que puede aportar este último a la formación de los alumnos ya que lo explotan más y en las prácticas los profesores dirigen más al alumnado para que él solo aprenda y aproveche lo que éste le puede dar lo que echa por el suelo la creencia ya mencionada de que los maestros de laboratorio son de menor categoría que los que enseñan la teoría, creencia arraigada ya en la UNAM, aunque también se corre el riesgo de que se termine de consolidar la "ilustración" de la teoría.

Los laboratorios desfasados han probado ser más efectivos en conseguir los objetivos propuestos para un curso en particular y en lo que a integración de conceptos se refiere ya que, una vez visto todo el curso de teoría , se pueden desarrollar problemas más complejos en las prácticas y termina con el problema de vinculación teoría-laboratorio en lo que a calendarización se refiere pero que contrae la desventaja de generar "amnesia" en los alumnos, problema que se puede combatir si se le enseña a los estudiantes a que el estudio independiente, como en Estados Unidos y Canadá, es parte importante de su formación y es responsabilidad puramente de ellos ya que sus desventajas al momento de integrar conocimientos dependerá, en gran medida, de qué tan efectivo sea en su estudio independiente y contribuiría desarrollar la capacidad de autoevaluación y ayudaría a terminar con la tradición de darle a los alumnos una educación "digerida", educación que no fomenta el que el alumno piense por si mismo.

Las exposiciones de final de semestre en los laboratorios de Ingeniería son buena idea si se practica bien pero en muchas ocasiones sólo se logran foros de discusión pobres en contenido y forma, que en lugar de motivar a los estudiantes les provoca aburrimiento y en los que terminan aportando más contenido son los profesores, convirtiendo el foro en una exposición magisterial y si a eso le sumamos que los alumnos están "amenazados" con la promesa de que su exposición será parte integral de su evaluación pues se empobrece más esta medida porque por evitar que sea

sometido a un interrogatorio que posiblemente lo deje en evidencia o por no querer perjudicar a un amigo el estudiante no enriquece lo que es para su beneficio, este tipo de discusiones debería fomentarse (como en las instituciones extranjeras) desde las clases de teoría o discusiones en los laboratorios (análisis de los resultados) ya que si se le enseñan los beneficios con los que cuenta la exposición final se tendría más participación.

#### **Guiones experimentales.**

Se reconozca o no, los manuales son el punto de referencia y de partida de un alumno cuando va a realizar una practica experimental. Cuentan con una estructura general:

- Título de la practica
- Objetivo (Opcional)
- Introducción breve
- Lista de material utilizado
- Recomendaciones antes de empezar la practica (Opcional)
- Cuerpo de la practica (Técnica, descripción de los equipos, manual de empleo de los equipos y otros complementarios)
- Cuestionario final (En ocasiones con lo que se desea que contenga el informe, incluyendo cálculos)
- Estructura del informe (Opcional)
- Bibliografía

El guión debe tener un título apropiado al objetivo que se persigue, que dicho sea de paso debe corresponder con las aspiraciones didácticas de la enseñanza experimental, y no tener títulos ambiguos o vagos como "Secador rotatorio", "Torre de absorción", "Destilación".o "Practica No. 4 de transferencia de calor" lo que deriva en una mala redacción porque no se sabe de qué se trata. En general es una "receta", lo que no está mal para alumnos de los primeros semestres, a los que se les introduce con este tipo de guiones a la "vida experimental" en contenido y forma y a lo que se espera de ellos en desempeño además puede también usarse para marcar una "línea" de trabajo en una asignatura en las primeras dos o tres sesiones pero no como una regla para todos los casos como se usa en escuelas nacionales, los guiones no evolucionan con la carrera ni con los cursos, por lo que tampoco evoluciona la forma de pensar ni de enfrentar los problemas de los alumnos. Los

guiones deben, como ya se dijo, evolucionar hacia problemas más abiertos, como en las universidades de E.U. y Canadá en donde, a medida que se avanza en el curso los problemas se hacen más complejos y abiertos y a medida que se avanza en la carrera se hacen más integrales. Es verdad que con ésta forma de llevar los cursos experimentales se hacen menos prácticas pero, si se hacen correctamente, son más enriquecedores ya que los estudiantes deberán formarse criterios para decidir las opciones que tiene para resolver los problemas que se les plantean además de que así los profesores serán asesores más que maestros en el camino que el propio alumno decida tomar. Se fomenta asimismo la capacidad de análisis del fenómeno y de observación ya que cualquier detalle será determinante para el problema que resuelve o para experiencias futuras y se le introduce además a lo que será su vida laboral, ya que es ahí donde vaciará su experiencia enfrentándose a problemas abiertos que surgen repentinamente o por exigencia de mejora continua en su desempeño y que tendrá que solucionar de la mejor manera para cumplir el objetivo o el requerimiento que se le exige.

Otra cosa cuestionable de las Universidades nacionales es que muchas veces el objetivo no rebasa lo puramente técnico, el que sólo se aprenda a manejar los equipos es algo arriesgado y va contra lo que la enseñanza experimental debería ser porque es verdad que la técnica es importante pero lo es más aún aprender a discernir un fenómeno de otro y lo que lo envuelve para lograr manipularlo y resolver situaciones con ese conocimiento. Un aspecto más es que las "recetas" confunden a los estudiantes y sólo los enseñan a leer (y a veces ni eso), lo que debería ser una experiencia en toda la extensión de la palabra se vuelve algo mecánico y sin mucho sentido porque ¿Cuántas veces se ha demostrado que la mayoría de los alumnos llegan a los laboratorios sólo a hacer lo que dice el manual dejando para después los análisis que debería hacer ahí mismo?... El que un alumno llegue a leer al laboratorio es lamentable, aún con guiones bien redactados porque no se fomenta en los estudiantes el pensar en lo que hacen y aquellas escuelas que suponen hacerlo correctamente debería cuestionarse bien si es verdadera esa aseveración, un reto interesante sería, por ejemplo, redactar una practica común y corriente de Ingeniería Química o, mejor aún, tomar una ya existente y cambiar los reactivos por unos que no reaccionen, será interesante ver los resultados ya que seguramente, con un modelo educativo como el que aquí se cuestiona para cuando el estudiante se dé cuenta de todo será a la hora de elaborar el informe y eso porque ahí se le pide que plantee la reacción y más aún si lo que se le exige es un mecanismo de reacción, para entonces se dará cuenta que el trabajo que realizó durante dos horas (tiempo promedio de duración de las sesiones de laboratorios de IQ) fue en vano y sin ningún sentido y con más aún si se le añade presión (como la de su vida laboral) diciéndole que será una evaluación y deberá realizarse en un

tiempo definido, ¿Por qué un curso de Ingeniería Química y no uno de Química para el ejemplo?, bueno, la razón es que en los laboratorios de Química lo primero que se hace es ver si los reactivos reaccionan y en el de Ingeniería Química, a la hora de leer las prácticas y hacerlas automáticamente se da por un hecho verdadero que la reacción ocurre y se verifica a las condiciones de experimentación, caso común (y ya clásico) en las evaluaciones de las asignaturas de matemáticas cuando se le pide una solución de una ecuación o de un sistema de ecuaciones para un determinado punto cuando este ni siquiera pertenece al dominio de la función o funciones, para cuando se da cuenta de esto ya perdió tiempo valioso de su evaluación que repercutirá en su calificación.

Los objetivos de las prácticas deberán mostrarse en los guiones y deberán ser claros. Los cuestionarios anexos deberán enfatizar los aspectos que pudieran estar "cojos" en la experimentación, para que los alumnos relacionen y aprendan y como se dice en los documentos de mejora de enseñanza experimental, la práctica en el laboratorio no es una ilustración de fenómeno, sino una ventana que permite verlo en sí, entenderlo como tal y descubrirlo, después de todo es un problema que se debe resolver vía experimentación.

#### **Vinculación Teoría-Laboratorio.**

Inoperante en la mayoría de los casos porque generalmente (y con más presencia en los cursos simultáneos) la teoría no tiene que ver con lo que se realiza en la parte experimental, los calendarios no están bien organizados. Este es un problema muy complejo ya que todas las Universidades analizadas lo padecen en mayor o menor medida. Se han tomado medidas para contrarrestarlo, entre las más relevantes observadas en el estudio figuran el desfase los laboratorios un semestre, arrancar un mes más tarde que la teoría (las actividades del laboratorio, integrar en un solo laboratorio cursos de Ingeniería y Ciencias (por ejemplo Operaciones unitarias, que engloba lo que es transferencia de masa, calor y momentum), cursos de laboratorio en periodos de Verano (sobre todo al final de la carrera donde los laboratorios requieren de más tiempo que el disponible normalmente en el periodo académico normal) y experiencias de cátedra, todas con cosas a favor y en contra pero que de alguna u otra manera ha logrado aminorar el impacto perjudicial del problema de vinculación.

### **Estudio independiente.**

Pareciera la clave de todas las diferencias y deficiencias. Es ya conocido que la forma de soportar la educación en Estados Unidos y Canadá es a través de estudio independiente, se le quita responsabilidad a los programas, a los profesores y desaparece el "gigantismo" de las carreras profesionales y se hace énfasis en aspectos relevantes, difíciles y complejos de los cursos y se aprovecha mejor el tiempo en las aulas, tanto de teoría como de laboratorio porque desde el análisis que los estudiantes hacen en sus lecturas personales se aprende que los detalles, la observación y la atención son determinantes para un buen aprovechamiento de la educación. Este tema es extenso y también puede ser tema de una tesis por lo que no se pretende agotarlo pero sí introducir los aspectos que se consideran relevantes y que pueden ayudar a mejorar la educación en general, no sólo la de los laboratorios. Como ya se mencionó, los alumnos acostumbrados a esta forma de educación aventajan a los que llevamos un educación como la que se imparte en nuestro país, en donde todo se da bien desglosado, analizado e interpretado, para que al alumno "no le cueste trabajo" y le sea más fácil a las instituciones cumplir con los objetivos pedagógicos que se trazan. Es verdad que representa varias ventajas esta forma de educación y aparentemente se puede ir más rápido porque los estudiantes lo que tiene que hacer el "absorber" los conocimientos que unidireccionalmente se le presentan en las aulas de las universidades, pero con esto no se enseña el camino adecuado de la comprensión de conocimiento, del análisis profundo que debe llevar consigo el estudio y más si se trata de una carrera vinculada a las Ciencias como lo es la Ingeniería Química, en donde el más pequeño detalle resulta ser a veces tan significativo en la operación de equipos o en la misma síntesis de compuestos y demás actividades propias de la carrera. Todas estas habilidades, coartadas con esta pedagogía equivocada, son indispensables en la vida laboral de los Ingenieros químicos, pero ¿Cómo pedirle a un profesional que haga algo que no aprendió a hacer en donde supuestamente le enseñarían?... Es verdad que el sistema educativo es siempre el mismo, y que las universidades no quieren arriesgar la poca o mucha imagen y el poco o mucho prestigio que poseen con esta forma de educación, pero sería conveniente hacerlo porque existen alumnos extraordinarios que hasta llegan a sentirse obstaculizados con la guía de los profesores pero también es cierto que al ser humano se le debe guiar para poder aprender cualquier cosa. Muchos de los grandes avances de la humanidad, científicamente hablando, se dieron por obra de la casualidad, pero que hubiera pasado si Newton al observar caer una manzana de aquel legendario árbol no hubiera tenido la capacidad de observación y análisis que tuvo para poder darse cuenta de lo que pasaba por ese fenómeno tan común, ¿Cuánto tiempo habría pasado para alguien más se diera cuenta de lo que Newton vió y dedujo a partir de la observación de un fenómeno presentándose ante

sus ojos?... Newton era un hombre y un científico extraordinario que no necesito de mucha ayuda, pero ¿Qué pasa con todos los científicos mexicanos extraordinarios que nunca pudieron sobresalir porque no sabían como interpretar, deducir, observar, analizar vaya, lo que veían antes sus ojos?, ¿Y qué pasa y que pasará con los que todavía están en las aulas "aprendiendo"?, porque una mente brillante necesita un detonante para sobresalir... ¿Y si ese detonante era saber analizar?, porque es verdad absoluta que la comprensión y el nivel de análisis de una mente brillante va más allá de lo común porque relaciona, deduce y muchas veces intuye variables que están ahí, pero que nadie vé...

**Programas de estudio.**

No hubo una conclusión determinante acerca de los programas de estudio experimentales debido a la naturaleza de los cursos integrales o "globalizadores" que para cada Universidad son distintos. Los resultados se exhiben a continuación:

**Universidades mexicanas**

**Cursos de teoría**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Matemáticas.</b></li> <li>Cálculo de función de una variable (8-5.5)</li> <li>Cálculo de función de varias variables (8-4)</li> <li>Ecuaciones diferenciales (8-3.5)</li> <li>Estadística (6-3)</li> <li>Métodos numéricos (6-3.5)</li> <li>• <b>Física.</b></li> <li>Cinemática y Dinámica (7-3)</li> <li>Estática (6-3)</li> <li>Electromagnetismo (6-3)</li> <li>• <b>Química.</b></li> <li>Análítica I (7-3)</li> <li>Química inorgánica (8-4)</li> </ul>	<p>Química orgánica I (8-3.5)                  Química orgánica II (8-3.5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fisicoquímica.</b></li> <li>Equilibrio físico (8-4)</li> <li>Termodinámica (8-4)</li> <li>• <b>Ingeniería.</b></li> <li>Balances de materia y energía (8-5)</li> <li>Flujo de fluidos (8-4)</li> <li>Ingeniería de reactores (7-5)</li> <li>Introducción a la IQ (7-3)</li> <li>Procesos de separación I (8-4)</li> <li>Procesos de separación II (6-4)</li> <li>Transferencia de calor (8-4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Otras Ingenierías.</b></li> </ul> <p>No hay paquetes optativos que cubran los criterios</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Auxiliares.</b></li> </ul> <p>Programación y computación (7-4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Económico-administrativas.</b></li> </ul> <p>1 Curso de administración (5-4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Optativas.</b></li> </ul> <p>No hay paquetes optativos que cubran los criterios</p>
---	---	---

**Cursos de laboratorio**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Física.</b></li> <li>Electromagnetismo (6-2)</li> <li>• <b>Química.</b></li> <li>Análítica I (7-3)</li> <li>Química inorgánica (6-3)</li> <li>Química orgánica I (5-3)</li> </ul>	<p>Química orgánica II (6-3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fisicoquímica.</b></li> </ul> <p>Equilibrio físico (8-3)</p> <p>Termodinámica (6-2.5)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ingeniería.</b></li> </ul> <p>Flujo de fluidos (5-2)</p>
---	--	--

Universidades de Estados Unidos y Canadá

Cursos de teoría

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Matemáticas.</b> Cálculo de función de una variable (7-5) Cálculo de función de varias variables (7-4) Ecuaciones diferenciales (7-3)</li> <li>• <b>Física.</b> No hay materias que cubran los requerimientos</li> <li>• <b>Química.</b> Química orgánica I (5-3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Química orgánica II (5-3)</li> <li>• <b>Fisicoquímica.</b> Equilibrio (5-3) Termodinámica (8-3)</li> <li>• <b>Ingeniería.</b> Dinámica y control de procesos (7-3) Introducción a la IQ (5-2) Mecánica de fluidos (6-3) Procesos de separación (6-3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Otras Ingenierías</b> No hay materias que cubran los requerimientos</li> <li>• <b>Auxiliares.</b> No hay materias que cubran los requerimientos</li> <li>• <b>Económico-administrativas.</b> No hay materias que cubran los requerimientos</li> <li>• <b>Optativas.</b> No hay materias que cubran los requerimientos</li> </ul>
--	--	--

Cursos de laboratorio

Los datos recopilados muestran que no hay información concluyente para poder aplicar el criterio mencionado y derivar un mínimo de cursos de laboratorio a excepción de:

- Fisicoquímica (4-2.5) y
- Dinámica y control de procesos (7-1)

Cursos comunes

Cursos de teoría

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Matemáticas.</b> Cálculo de función de una variable Cálculo de función de varias variables Ecuaciones diferenciales</li> <li>• <b>Física.</b> No hay materias que cubran los</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Química orgánica II</li> <li>• <b>Fisicoquímica.</b> Equilibrio Termodinámica</li> <li>• <b>Ingeniería.</b> Introducción a la IQ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Otras Ingenierías</b> No hay materias que cubran los requerimientos</li> <li>• <b>Auxiliares.</b> No hay materias que cubran los</li> </ul>
---	--	---

requerimientos • <b>Química.</b> Química orgánica I	Mecánica de fluidos Procesos de separación	requerimientos • <b>Económico-administrativas.</b> No hay materias que cubran los requerimientos • <b>Optativas.</b> No hay materias que cubran los requerimientos
---	---	--

### Cursos de laboratorio

No hay parámetros de comparación porque a pesar de que todas las universidades tiene al menos un curso de laboratorio en las áreas de Química, Fisicoquímica e Ingeniería Química, la naturaleza de los cursos integrales y la variedad de éstos hacen imposible que se puedan tomar puntos comunes y señalar cursos que cumplan con medidas similares a las de las tablas anteriores (citados oportunamente en los capítulos correspondientes).

Los cursos anteriores, como tales, serían los recomendados como mínimos para que se incluyan en todos los programas de Ingeniería Química que se deseen implementar sea cual sea la filosofía educativa de la institución y el enfoque que ésta dé a la carrera.

## REFERENCIAS.

### Bibliografía.

1. *ABET Accreditation criteria apply 2001-02 Sample Program Sheet*. School of engineering, Stanford University, 2002.
2. *ABET Accreditation criteria apply 2002-03 Sample Program Sheet*. School of engineering, Stanford University, 2003.
3. Consejo Universitario UIA. Ideario. Documento interno. Dirección de comunicación social. 1968.
4. Díaz Guerrero, Rogelio; Díaz Loving, Rolando. *Introducción a la Psicología. Un enfoque sistemático*. México, Trillas, 1991.
5. Grupo asesor par alas uu ee aa de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Unidad Iztapalapa, UAM. *Plan de instrumentación didáctica propuesto por el grupo asesor específico para las uu ee aa: Método experimental I y Método experimental II del nuevo programa de tronco general de asignaturas*. Documento interno. División de Ciencias básicas e Ingeniería UAM Unidad Iztapalapa, Noviembre 1999.
6. Peppas, Nikolaos A. *One hundred years of chemical engineering*. Canadá, Kluwer academic publishers, 1988, pp. 1-14.
7. School of engineering, Stanford University. *Handbook for undergraduate engineering programs 2001-2002*.
8. School of engineering, Stanford University. *Handbook for undergraduate engineering programs 2002-2003*.
9. Senado Universitario UIA. *Filosofía educativa de la UIA*. Documento interno. Senado Universitario UIA. 1999.

### Hemerografía.

1. Anaya Durand, Alejandro. *Estilos de enseñanza-aprendizaje y aprendizaje en equipo en Ingeniería Química*. Educación Química, Vol. 6, Número 4, 1995, pp. 200-205.
2. Anaya Durand, Alejandro. *Hacia una nueva formación del ingeniero químico ante la modernización industrial*. Educación Química, Vol. 3, Número 4, 1992, pp. 284-289.

3. Anaya Durand, Alejandro; Landgrave, Julio. *Desarrollo de habilidades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la ingeniería química. Parte I.* Educación Química, Vol. 9, Número 5, 1998, pp. 303-309.
4. Colegio de profesores de Ingeniería y Ciencias Químicas de la UIA. *Metodología de la enseñanza de las ciencias y la ingeniería.* Revista del IMIQ, Año XXI, Vol. 16, Julio-Agosto 1990b, pp. 45-52.
5. Hernández Luna, Martín; Llano Lomas, Mercedes. *Propuesta de reforma de la enseñanza experimental.* Revista del IMIQ. Número 5, 1994.
6. Pafko, Wayne. *Chemical Engineering Then & Now.* Chemistry In Australia. Royal Australian Chemical Institute. Vol. 67, Número 6, Julio 2000.
7. Pafko, Wayne. *What is a Chemical Engineer?.* CGP Reprint R-135. Chronicle Guidance Publications. December 1998.
8. Rugarcía Torres, Armando. *El ingeniero químico para el siglo XXI.* Educación Química, Vol. 9, Número 1, 1998, pp. 46-52.
9. Rugarcía Torres, Armando. *El profesional de Ingeniería Química ante los retos del futuro.* Revista del IMIQ, año XXXII, Vol. 24, Noviembre-Diciembre 1991, pp. 37-42.
10. Rugarcía Torres, Armando. *Innovación en la enseñanza de los laboratorios de Ingeniería Química.* Revista de la Sociedad Química de México, Vol. 37, Número 4, 1993, pp. 174-184.
11. Rugarcía Torres, Armando. *La relación entre la teoría y la práctica: un molino de viento en el quehacer curricular.* Educación Química, Vol. 7, Número 3, 1995, pp. 128-131.
12. Rugarcía Torres, Armando. *Los ingenieros, la sociedad y su formación.* Educación Química, Vol. 9, Número 2, 1998b, pp. 107-111.
13. Valiente Barderas, Antonio. *La enseñanza experimental de la ingeniería química en México.* Educación Química, Vol. 7, Número 1, 1996, pp.16-24.
14. Villermaux, Jaques. *Future Challenges For Basic Research in Chemical engineering.* Chemical Engineering Science, Vol 48. No. 14, pp 2525-2535, Great Britain.

**Páginas web.**

[ughb.stanford.edu](http://ughb.stanford.edu)

[web.mit.edu](http://web.mit.edu)

[www.cems.umn.edu/~aiche\\_ug/history/h\\_time.html](http://www.cems.umn.edu/~aiche_ug/history/h_time.html)  
[www.imiq.org/interes.htm](http://www.imiq.org/interes.htm)  
[www.itesm.mx](http://www.itesm.mx)  
[www.mcgill.ca](http://www.mcgill.ca)  
[www.pafko.com/history//index.html](http://www.pafko.com/history//index.html)  
[www.stanford.edu](http://www.stanford.edu)  
[www.ualberta.ca](http://www.ualberta.ca)  
[www.uam.mx](http://www.uam.mx)  
[www.uia.mx](http://www.uia.mx)  
[www.uisa.edu.mx](http://www.uisa.edu.mx)  
[www.unam.mx](http://www.unam.mx)  
[www.utexas.edu](http://www.utexas.edu)  
[www.utoronto.ca](http://www.utoronto.ca)  
[www.wisc.edu](http://www.wisc.edu)

### **Entrevistas.**

Alumni Relations  
Stanford School of Engineering  
Stanford University  
[engineering-alumni@stanford.edu](mailto:engineering-alumni@stanford.edu)

Claudia Cantú  
Comunicación  
Dirección de Mercadotecnia del Sistema  
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey  
[cicantu@itesm.mx](mailto:cicantu@itesm.mx)

Donna Bell  
Graduate Program Office  
Department of Chemical Engineering  
University of Wisconsin-Madison  
[gradoffice@che.wisc.edu](mailto:gradoffice@che.wisc.edu)

**Dr. Andrew Tseng**  
Assistant Director  
Organic Chemistry Laboratories  
Department of Chemistry  
University of Wisconsin - Madison  
tseng@chem.wisc.edu

**Dr. Grazyna Wilczek**  
Director of Undergraduate Studies  
Department of Chemistry  
McGill University  
grazyna.wilczek@mcgill.ca

**Dr. Joaquín Acevedo M.**  
Director  
Departamento de Ingeniería Química  
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey  
jacevedo@itesm.mx

**Dr. José Antonio de los Reyes Heredia**  
Coordinador de Laboratorios de la carrera de Ingeniería Química  
Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa  
jarh@xanum.uam.mx

**Dr. Martín Hernández Luna**  
Universidad Nacional Autónoma de México  
mhl@servidor.unam.mx

**Dr. Reynaldo Sandoval González**  
Coordinador de la carrera de Ingeniería Química  
Universidad Nacional Autónoma de México  
rsg@servidor.unam.mx  
Howard Zimmerman  
University of Wisconsin-Madison  
zimmerman@chem.wisc.edu

**I.Q. René Huerta**  
Coordinador del laboratorio de Ingeniería Química  
Universidad Iberoamericana  
rene.huerta@uia.com.mx

**Ingeniero Ignacio Rojas**  
Director de la Facultad de Ingeniería  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
comcali@siu.buap.mx

**Ingeniero Verónica Alicia Patiño González**  
Directora de las Carreras de Ingeniería Química  
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey  
vpatiño@itesm.mx

**Jeannette Cosby**  
Student Services Manager  
Department of Chemical Engineering  
Stanford University  
cosby@stanford.edu

**Joyce Tikalsky**  
Webmaster  
University of Wisconsin-Madison  
webmaster@enr.wisc.edu

**L.C.C. Jorge Muñoz del Razo**  
Responsable Laboratorio Innovación Docente  
Dirección General de Educación Superior  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
jorge.dclrazo@dgesbuap.com

**M.C. José Luis González**  
Coordinador de la carrera de Ingeniería Química  
Universidad La Salle  
jljd@ulsa.mx

**Q. Juan Abud**  
Coordinador de la carrera de Ingeniería Química,  
Universidad Iberoamericana  
juan.abud@uia.mx

**Roger Packard (by way of Kathy Myhre)**  
Administrator  
Department of Chemical Engineering  
University of Wisconsin-Madison  
myhre@engr.wisc.edu

**Sandra Aerssen**  
Chair's Secretary  
Chemistry Department  
McGill University  
sandra.aerssen@mcgill.ca

**Webmaster**  
Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas  
Instituto Politécnico Nacional  
buzon@andromeda.esiqie.ipn.mx

**William McCaffrey**  
Associate Chair  
Graduate Affairs  
University of Alberta  
william.mccaffrey@ualberta.ca