



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PLANES DE ESTUDIO DE LA CARRERA DE  
INGENIERÍA QUÍMICA EN EL MIT (INSTITUTO TECNOLÓGICO DE  
MASSACHUSETTS) Y LA FACULTAD DE QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERA QUÍMICA**

**PRESENTA**

**SUSANA DIANA PERALTA MIRANDA**



**MÉXICO, D.F.**

**2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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:**

**PRESIDENTE:** Profesor: EDUARDO ROJO Y DE REGIL

**VOCAL:** Profesor: REYNALDO SANDOVAL GONZÁLEZ

**SECRETARIO:** Profesor: JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ

**1er. SUPLENTE:** Profesor: ALEJANDRO LEÓN IÑIGUEZ HERNÁNDEZ

**2° SUPLENTE:** Profesor: EDUARDO FLORES PALOMINO

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:** EDIFICIO "E" COORDINACIÓN DE  
INGENIERÍA QUÍMICA

**ASESOR DEL TEMA:** DR. REYNALDO SANDOVAL GONZÁLEZ

**SUSTENTANTE (S):** SUSANA DIANA PERALTA MIRANDA

**AGRADEZCO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POR TODAS LAS OPORTUNIDADES QUE ME HA BRINDADO Y LAS PUERTAS QUE GENEROSAMENTE ME HA ABIERTO.**

**AGRADEZCO DR. REYNALDO SANDOVAL Y AL ING. ROJO Y DE REGIL POR EL TIEMPO QUE INVIRTIERON PARA QUE SE LOGRARA EL PRESENTE TRABAJO Y TODOS LOS CONOCIMIENTOS, LA COMPRESIÓN, EL APOYO QUE ME HAN DADO.**

**DARÍO:**

**GRACIAS POR TU APOYO PARA DAR ESTE PASO, POR REGOCIJAR MI CORAZÓN Y ACOMPAÑARME DE LA MANO EN EL CAMINO A LA FELICIDAD.**

**MAMÁ:**

**ESTE ES UN RECONOCIMIENTO CON TODO MI CORAZÓN POR TODOS TUS ESFUERZOS, DESVELOS, AMOR, TIEMPO Y TODO AQUELLO QUE HICISTE POR MÍ.**

**GRACIAS**

**NANCY Y TANIA:**

**GRACIAS POR SU COMPRESIÓN, CARIÑO Y APOYO.**

**PAPÁ, ABUELITO Y TÍO ALEJANDRO ESTÁN EN MI CORAZÓN Y EN MI MEMORIA.**

**A MI ABUELITA JUANITA, MIS TÍOS Y MIS  
PRIMOS QUE HAN ESTADO CONMIGO,  
GRACIAS**

**GRACIAS DE CORAZÓN A LA FAMILIA  
JURADO MARTÍNEZ Y A LA FAMILIA  
VÁZQUEZ MORALES POR EL APOYO QUE  
ME HAN BRINDADO EN TODO MOMENTO.**

**A MIS AMIGOS POR TODO LO QUE ME HAN  
DADO, A MIS PROFESORES POR TODOS SUS  
CONOCIMIENTOS Y A TODAS LAS PERSONAS  
QUE ESTUVIERON EN EL CAMINO QUE ME  
HA TRAÍDO HASTA ESTE PUNTO.**

**GRACIAS**

# **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PLANES DE ESTUDIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MASSACHUSETTS (MIT) Y LA FACULTAD DE QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>A3</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>A4</b>
LA REVOLUCION INDUSTRIAL	
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>A5</b>
ANTECEDENTES DE LA INGENIERÍA QUÍMICA EN INGLATERRA	
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>A6</b>
CONSOLIDACIÓN DE LA INGENIERÍA QUÍMICA EN ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>A7</b>
PLAN DE ESTUDIO ACTUAL EN EL MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT)	
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>A8</b>
PLAN DE ESTUDIO DE INGENIERÍA QUÍMICA EN LA FACULTAD DE QUÍMICA DE LA UNAM	
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>A9</b>
MODELOS COMPARATIVOS DE LOS PLANES DE ESTUDIO	
<b>CAPÍTULO VII</b>	<b>A10</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
<b>ANEXOS</b>	<b>A11</b>
<b>REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>A12</b>

## INTRODUCCIÓN

El primer intento de crear un espacio propio para la gente y las ideas enfocadas a la industria química lo llevó a cabo George E. Davis al fundar en 1880 la “Society of Chemical Engineers”. En 1887 en “Manchester Technical School” dictó un curso de Ingeniería Química en forma de conferencias. Tiempo después en 1901 publicó “A Handbook of Chemical Engineering” con el material de su curso.

La Ingeniería Química se ha definido de diferentes formas a través del tiempo, pero tienen estas definiciones factores en común, “The Institution of Chemical Engineers” de Gran Bretaña señala: “La Ingeniería química es una rama de la Ingeniería relacionada con los procesos en los que las materias sufren un cambio de composición, contenido energético o estado físico; con los medios para ser procesado; con los productos resultantes con su aplicación a la consecución de objetivos útiles”. El “American Institute of Chemical Engineers” de USA establece su definición como sigue: “La Ingeniería Química es la aplicación simultánea de los principios de las Ciencias Físicas y de los principios de las Ciencias Económicas y de las relaciones humanas en campos que pertenecen directamente a los procesos o los aparatos en los que se trata materia con el fin de conseguir un cambio de estado, de energía o de composición”. Ambas definiciones tienen el respaldo de instituciones especializadas en el campo de la Ingeniería Química, que, aunque son acertadas y en todo caso coincidentes, desde mi punto de vista quedan incompletas, por lo que agregaría lo que sigue: Es un ramo especializado en la producción, la optimización, el diseño y entre otras muchas funciones útiles para el desarrollo de la industria, lo que da como resultado la creación de nuevos productos, su perfección, nuevas tecnologías más económicas, con el uso de menor cantidad de energía, mejores productos, mayor confort para quienes usan el producto, versatilidad, mayor calidad, así como el apoyo de nuevas industrias y productos, mejor administración de los recursos humanos, tecnológicos, energéticos y materiales así como la optimización de los diferentes aspectos de la industria, que es el resultado del análisis de los sistemas, los recursos y las necesidades de la sociedad.

La Ingeniería Química ha sido gran parte del desarrollo de lo que es la vida como la conocemos actualmente: fibras sintéticas, combustibles, detergentes, colorantes y polímeros, entre otros productos, además de los avances de la propia industria en cuanto a los procedimientos, su rapidez, su eficiencia, la pureza de las sustancias, obtención de materias con mayor facilidad, tiempo y recursos, así como una mayor gama de productos, tanto de materias primas como de productos finales. Para tener un ejemplo de lo anterior se muestra a continuación una pequeña cronología de lo que han sido los eventos más representativos de la evolución de la Ingeniería Química

1791: carbonato de sodio, proceso Leblanc

1856: primer colorante sintético, Perkin

1866: carbonato de sodio, proceso Solvay

1891: extracción de azufre subterráneo, Frasch

1891: primera fibra artificial de nitrocelulosa, Chardonnet

1896: licuefacción del aire en escala industrial, Linde

1900: ácido sulfúrico por el método de contacto

1905: cianamida cálcica

1910: cloro y sosa por electrólisis del cloruro de sodio

1910: fibras artificiales: el rayón y la viscosa

1913: síntesis del amoníaco a partir de sus elementos, B.A.S.F., Oppau, Alemania

El nacimiento de esta disciplina se produjo por la necesidad de un especialista en la industria que tuviera comprensión de los procesos, que poco a poco, fueron apareciendo en la etapa de la Revolución Industrial, una persona que pudiera resolver los problemas propios del creciente número de fábricas y maquinaria nueva, que eran totalmente diferentes a lo conocido, mayores tanto en producción como en escala.

Por consiguiente los diferentes tipos de sustancias, productos, procesos y sistemas, los avances tecnológicos, tenían que ser seguidos, estudiados y desarrollados por alguien que se dedicara a ellos, a desarrollarlos y optimizarlos,



así es como fue creciendo la visión de lo que en la industria sería un Ingeniero Químico: una persona capaz de enfrentarse a los problemas y retos nuevos de la industria, desde lo que surge en la Revolución Industrial hasta nuestros tiempos, con lo cual se ha definido y a la vez ampliado aún más la labor del ingeniero Químico.

El avance de la vida cotidiana y el de la industria han dado como resultado la evolución de la enseñanza de la disciplina, en un principio la ingeniería química nació por la necesidad de una disciplina que se encargara de los procesos y productos que se fueron creando y desarrollando a través del tiempo.

El presente trabajo se debe a la intención las raíces y la evolución de la ingeniería química, sobre todo en el área de la instrucción de esta disciplina, así como hacer una comparación con los planes de estudio con la institución que representa la cuna de la Ingeniería Química, la cual se tomará como base, y que es: El Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), el cual fue el creador del primer programa de estudios para el nuevo Ingeniero Químico. Este mismo Tecnológico ha sido, durante más de un siglo, de las primeras y más renombradas instituciones en el mundo, en la enseñanza e investigación de la Ingeniería Química, teniendo una planta de profesores e investigadores a individuos con los más profundos y extensos conocimientos en el ramo, entre ellos Lewis M. Norton quien dictó el primer curso "Course Ten" en 1888, Artur D. Little que introdujo a la enseñanza de la Ingeniería Química el concepto de "operación unitaria" en 1915, que muestra que los procesos químicos pueden considerarse constituidos por diferentes operaciones concretas, que varían, por sus condiciones de operación, pero no en esencia.

Además a través de este documento se muestra una idea concreta de lo que es y lo que ha sido un Ingeniero Químico, cuáles son las diferentes etapas de la evolución de esta disciplina, el impacto que ha tenido a través del tiempo, como por ejemplo: la creación del hule sintético para los neumáticos y las sustancias nitrificantes como abono para los cultivos, así mismo cómo es que estos procesos

y la evolución de la industria han llevado a cambios y a implementar nuevas asignaturas en los programas de estudio de la Ingeniería Química y cómo es que, recíprocamente, éstas han llevado a la evolución de la industria y en la vida cotidiana.

También pone a la vista algunas de las contribuciones especiales como la publicación del libro en 1923 “Principles of Chemical Engineering” de Walker, Lewis y McAdams; en 1927 “Elements of Chemical Engineering” de Badger y McCabe las colocan como ejemplos de los pasos que ha dado la Ingeniería Química a través de su evolución, igualmente otra de las publicaciones importantes que repercutieron en el estudio, análisis y la enseñanza de la Ingeniería Química la publicación de la serie “Chemical process principles” en 1947 de los profesores Hougen, Watson y Ragatz, además de la publicación de R. Byron Bird, Edwin. N. Lightfoot y Warren E. Stewart del libro “Transport Phenomena” en 1960.

Como parte de la evolución de la Ingeniería Química también es importante mencionar los temas que han revolucionado y transformado a esta disciplina, ejemplos de ellos son los balances de materia y energía, las operaciones unitarias, la termodinámica, los fenómenos de transporte, la cinética química, entre otros.

Se muestran también cambios a los que se ha enfrentado esta disciplina con el avance del tiempo y de la tecnología, es decir, qué temas se han ido implementando con el paso del tiempo para poder seguir el avance de la tecnología en la industria, dar además una idea del contexto y las causas por las cuales esta evolución se ha dado y se sigue dando en la enseñanza de la Ingeniería Química.

## **OBJETIVOS**

Establecer un comparativo de los planes de estudio del Instituto Tecnológico de Massachusetts y la Facultad de Química (UNAM), así como conocer a fondo dichos planes de estudio para su análisis.

Explicar cómo han contribuido personajes como George E. Davis, Lewis M. Norton, Artur D. Little, Olaf Hougen, K. Watson, R. Byron Bird, Edwin N. Lightfoot y Warren E. Stewart, antes mencionados, en el proceso del desarrollo de la Ingeniería Química.

El presente proyecto obedece a la necesidad del estudio de la Ingeniería Química el cual se ha hecho notar en el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos en el que se propuso la creación del CENTRO NACIONAL DE INFORMACION SOBRE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA, proyecto que tuvo su inicio en el año 2000, con la entrevista del Ingeniero Carlos Mena Brito con la Dirección de la Facultad y se tuvo a bien designar como sede de este proyecto a la Coordinación de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, que coordina el Dr. Reynaldo Sandoval González con la colaboración del Ing. Eduardo Rojo y de Regil.

Con el objeto de enriquecer la información disponible en el Centro, se tomó la decisión de dirigir tesis de licenciatura de la Carrera de Ingeniería Química con temas que coadyuven a contar con datos sobre el estado actual y futuro de la Carrera.

Hasta el momento se han desarrollado y concluido los trabajos terminales que se mencionan a continuación:

- Análisis prospectivo de la oferta y demanda de ingenieros químicos y químicos en México.
- Estudio del índice de alumnos titulados en Ingeniería Química en México de 1991 a 2000.
- Análisis de los planes de estudio de la carrera de ingeniería química.
- Impacto de la tecnología de información en la industria química.
- Origen y perspectivas del posgrado en Ingeniería Química en México.

- Análisis de la Evolución profesional de los alumnos de Ingeniería Química Generación 1988.
- Participación del ingeniero químico en la industria eléctrica en México.
- Análisis de la enseñanza experimental en la carrera de Ingeniería Química en universidades de Canadá, Estados Unidos de América y México.
- Opinión de los empleadores respecto a los egresados de Ingeniería Química.
- Estudio comparativo de los ingenieros químicos en México y en Gran Bretaña.

Las disciplinas sociales y humanidades en la formación del ingeniero químico

## • **CAPÍTULO I**

### **LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL**

Se llama revolución industrial al cambio que se produce en la historia, desencadenada por la transformación de la economía agraria y artesana a otra dominada por la industria. Para algunos historiadores el término de Revolución Industrial es usado solamente para referirse a los cambios producidos en Inglaterra desde fines del siglo XVIII, para el resto de los países le llaman desarrollo industrial.

La primera referencia de la ingeniería se encuentra en Tertuliano (200 A.C.) al referirse a una máquina bélica a la que se nombró "ingenium", lo que marcó a la ingeniería como un ámbito militar y así se mantuvo hasta el siglo XVI. En el siglo XVIII estados como Inglaterra, Prusia y Francia formaron cuerpos profesionales técnicos, basados en las necesidades del desarrollo técnico e industrial, correspondiente a las revoluciones en la agricultura y la producción de diferentes tipos de artículos, que antes se producían de forma manual. El primero de estos cuerpos nace en Prusia, en 1789 nace la Universidad Politécnica de Berlín; en Francia (1794) aparece L'Ecole Polytechnique; poco después la Escuela Civil Española de Ingenieros en Minas, que fue fundada en Almadén (1767). En Londres la Institution of Civil Engineers dio una definición precisa de la ingeniería civil, dándole así un status profesional.

En el siglo XVIII, en Inglaterra, se comienza a notar un cambio social, cultural, laboral y económico, es un cambio paulatino en el cual surge, por consecuencia, una nueva serie de profesionales.

El proceso de cambio se observa en la migración de la población de pequeñas villas, de sólo algunas docenas de personas, a ciudades de miles de habitantes, al igual que la producción que se llevaba a cabo en pequeñas factorías, de forma manual, cambia a las grandes fábricas con máquinas que hacen gran parte del

trabajo, con lo cual aumentó la escala de la producción y el tamaño de las fábricas y las ciudades, así como la especialización laboral.

Debido a que en Gran Bretaña se observaba un régimen político estable, a que las guerras en las que había intervenido no provocaron daños en su territorio, a que tenían un sistema bancario organizado desde 1694, a la abundancia de capitales, a que tenían un espacio mercantil amplio y cimentado, a la aprobación de diversas leyes de propiedad, a la formación de un mercado nacional productivo, a la abundancia de hierro y carbón, tanto en Inglaterra como en Gales y en Escocia, y a la invención de la máquina de vapor es que se da la Revolución Industrial, ya que todos estos factores se combinan y potencian entre sí para dar una transformación total a la perspectiva mundial.

El auténtico avance en la industria tuvo lugar cuando un hombre aprendió a usar el fuego y el agua para producir vapor y el vapor para producir energía. La máquina de vapor fue inventada en 1698 por Tomas Savery, un ingeniero inglés que la utilizó para bombear el agua de las minas. En 1707, el francés Denis Papin también describió una máquina de vapor. Sin embargo, fue el trabajo de Thomas Newcomen y James Watt el que hizo que la máquina de vapor emergiera en 1769 como una fuente de energía práctica y versátil que liberó a los seres humanos de las restricciones que imponía la utilización de la propia energía corporal y de la dependencia del viento y del agua. La máquina de vapor proporcionó en gran medida la energía necesaria para el desarrollo de la revolución industrial. En 1829 la máquina de vapor proporcionaba la energía de la locomotora Rocket, construida por George Stephenson y su hijo Robert Stephenson, la cual dio paso a la evolución de los sistemas de comunicación.

En 1764 se utilizó la "Jenny", de Heargraves, un equipo manual que desarrollaba un mecanismo que consistía en una manivela que accionaba el sistema de una rueca, con la cual se obtenían simultáneamente varios carretes de hilo. En 1769 Arkwnght sustituyó la energía humana por la hidráulica, a esta máquina le llamó "waterframe". En 1733 J. Kay creó la "lanzadera automática", con la que se podían

producir piezas de mayor tamaño a lo acostumbrado y en menor tiempo. La primera máquina automática movida por vapor se produjo en Inglaterra, en el sector textil de algodón. En 1781 Cartwright aplicó la máquina de vapor a la industria textil, con lo cual nació el “telar mecánico”.

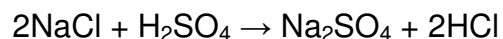
La industria química fue una de las beneficiadas a consecuencia del crecimiento de la industria textil, debido a que se necesitaban sustancias para blanqueado (lejías, detergentes), tinturas y fijadores de colorantes de elementos minerales tratados.

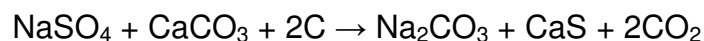
La industria textil algodonera se concentraba en el noreste de Inglaterra y en el puerto y centro de Liverpool, este tipo de industria se difundió en el continente, con la desventaja de que en Inglaterra ya se tenía un “telar mecánico” y en el resto del continente sólo hubo telares manuales hasta 1870, en Inglaterra este tipo de telares se promovió entre 1834 y 1850 (en este año el 80% de los telares en Gran Bretaña ya eran automáticos.)

Entre los procesos que impulsaron la industria química se encuentra el método Leblanc para la obtención de sosa comercial ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), la cual sirve como materia prima para producir jabón, vidrio y tintes entre otros, éste método fue ideado por el químico y médico francés Nicolás Leblanc.

A mitades del siglo XVIII la sosa adquirió gran importancia debido a la demanda de blanqueadores para textiles como la lana, algodón y lino. Por lo tanto la academia francesa ofrecía un premio de 2400 francos por encontrar una forma económica y rentable de obtener sosa; muchos científicos se dedicaron a buscar el método de obtención deseado, pero no fue hasta después de 6 años de investigación por parte de Leblanc que llegó a la meta anhelada, su sistema de fabricación se basaba en producir sosa comercial a partir de sal común.

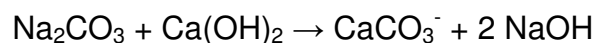
El proceso comprende las siguientes etapas:





Por diferencia de solubilidad en agua se separan el carbonato de sodio (soluble) y el sulfuro de calcio (insoluble).

Además el carbonato de sodio se puede tratar con cal apagada para obtener hidróxido de sodio.



Tras el descubrimiento del método se le concedió a Leblanc la patente en el año de 1791.

Para financiar la construcción de la fábrica Leblanc tuvo que vender su proceso al Duque de Orleáns, dicha fábrica quedó asentada a las orillas del Sena, con una producción de 200 a 300 kilogramos diarios.

El 12 de octubre de 1789 se llevó a cabo la toma de la Bastilla, con lo que se inició la Revolución Francesa. El 6 de noviembre de 1793 el Duque de Orleáns, quien fuese el socio de Leblanc, fue guillotinado, la fábrica de sosa fue tomada y todo su contenido fue vendido, Leblanc, por presiones sociales, tuvo que revelar el método con lo cual quedó en la ruina.

El ministerio interior acordó conceder a Leblanc una recompensa de 3000 francos como consecuencia de los hechos se suicidó el 16 de enero de 1806 pero sólo recibió 600. 50 años después se le otorgó a Leblanc el título de inventor de la sosa artificial.

La vigencia del método duró más de 60 años después de su muerte, hasta que en 1870 fue sustituido por el método Solvay. En 1915 cerró la última fábrica de soda ash (sosa comercial) Leblanc.

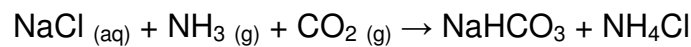
El método Solvay fue descubierto por el químico Belga Ernest Solvay, creando su compañía en 1863.



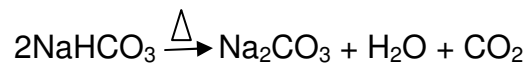
Las materias primas de este proceso son la sal común, amoníaco y piedra caliza, con lo que el proceso era más económico y desplazó al método Leblanc.

El proceso consta de las siguientes etapas:

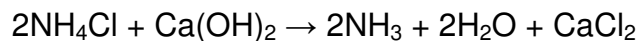
Se hace burbujear amoníaco y dióxido de carbono en una solución salina saturada.



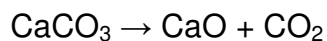
El carbonato de sodio formado se separa por filtración y se calcina



El cloruro de amonio se hace reaccionar con el hidróxido de calcio para recuperar amoníaco



El Hidróxido de calcio y el dióxido de carbono se producen por calcinación de piedra caliza



Al mismo tiempo una parte considerable del potencial industrial británico se concentró en los alrededores de las minas de carbón y hierro. Los vagones que circulaba sobre vías de hierro, eran utilizados ya en el siglo XVIII para la extracción minera, fue entonces cuando Stephenson aplicó una máquina de vapor capaz de desplazarse sobre los rieles, que además arrastraba vagones cargados con mercancía o personas, esto a velocidades de 32 a 40 kilómetros por hora, lo cual permitió “acortar distancias” y formar un mejor y mayor sistema de comercio interior.

A comparación del resto de Europa la red ferroviaria de Gran Bretaña era mucho mayor, ya se habían construido las dos terceras partes de la red total. En otros

países las redes más desarrolladas eran las de Holanda y Bélgica, ya que por sus condiciones geográficas no se necesitaban túneles que por se dificultaran su construcción, en condiciones totalmente opuestas estaba Suiza, debido a que los Alpes eran los obstáculos para construir la red, teniendo la necesidad de construir túneles, los cuales toman más tiempo para su construcción.

En el caso de la transportación náutica no se dio el mismo nivel de desarrollo, ya que los barcos que usaban la energía del vapor para mover las hélices, dichas hélices tenían dificultad para adaptarse al oleaje, por lo tanto para la navegación fluvial se usaron los vapores de rueda trasera, mientras que para la navegación marítima se empleaban embarcaciones mixtas que contaban con rueda laterales y mástiles con velas. Como uno de los materiales de construcción de las embarcaciones que se comienzan a utilizar se tiene al hierro para acorazar e inclusive para construir todo el barco de este material, lo que permitió aumentar la velocidad y el tonelaje de carga.

Con el uso del ferrocarril y el barco de vapor aumentó drásticamente la demanda por el consumo del hierro y por lo tanto creció la industria siderúrgica. El uso de vapor en la industria también aumentó la demanda del carbón tanto para uso industrial como para uso doméstico.

Tres acontecimientos tecnológicos dieron lugar a la llamada Segunda Revolución Industrial: Para producir acero el proceso Bessemer (1856), el perfeccionamiento del dínamo (1873) y la invención del motor de combustión interna de Otto (1876). Esta segunda revolución produjo un movimiento en la producción industrial, la creación de diferentes tipos de industrias, tanto las que se dedicaban a la venta de materias primas como las de producto terminado, con una demanda creciente, de este modo nace la industria química pesada, fabricante de artículos en cantidades nunca antes imaginadas. Los técnicos que dirigían las plantas eran llamados "químico industriales" los cuales poseían una formación con elementos de química y de ingeniería mecánica.

Con todo lo anterior George E. Davis por primera vez de la que se tienen datos utilizó el término de “Ingeniería Química” en 1880 en Inglaterra, además el mismo personaje promovía la creación de “A Society of Chemical Engineers”.

## CAPÍTULO II

### ANTECEDENTES DE LA INGENIERÍA QUÍMICA EN INGLATERRA

A partir de los avances tecnológicos e industriales del siglo XVIII se observó la necesidad de una persona que combinara los conocimientos en el área de la química con los del área de la industria.

Inglaterra como pionera de la revolución industrial invirtió mucho de su capital para investigación y desarrollo, por lo que para 1870 se estima que ésta tenía la mitad de la capacidad industrial de Europa. Aprovechando la experiencia de Inglaterra y a su vez la inversión que esta nación destinaba a investigación y desarrollo de productos, Estados Unidos de América y Alemania, seguían sus pasos muy de cerca, de modo que Inglaterra desarrollaba y Alemania y USA lo producían, con lo cual estos dos últimos, en las siguientes décadas, se convirtieron en las naciones con mayor potencial comercial.

En 1873 George E. Davis era Secretario General Honorario de la Sociedad Faraday, en esta sociedad rechazaron el término de ingeniería química, se decía que la mezcla de la química con la ingeniería no despertaría interés alguno como profesión. Además en la *Tyne Social Chemical Society* en 1872 tampoco aceptaron el término, ya que decían que en esa sociedad sólo se trataban temas de administración y química, que no tratarían temas sobre la manufactura.

El primer gran intento de orientar la química industrial fue en 1880, con la postulación de SCI como una sociedad nacional, la sociedad estaba dominada por propietarios y académicos y orientado, además, al comercio y la tecnología.

En Inglaterra en la zona de Tyneside un hombre llamado John Morrison se mostraba muy entusiasta con el término de ingeniero químico, estaba envuelto en el ámbito de la industria química, aunque escribió algunos impresos sobre la

industria química no le dio a la ingeniería química atención especial. A pesar de su experiencia en la industria no vio en problema para escalar los procesos del laboratorio.

George E. Davis quien era consultor industrial propuso una serie de 12 conferencias en *Manchester School of Technology* (1887), además de publicar *a Handbook of Chemical Engineering* (1901), fundar la publicación del *Chemical Trade Journal* (1887) y hacer la propuesta de formar “*a Society of Chemical Engineering*”, lo cual dio pie a una profesión especial en la que se combinaba la ingeniería con la química, propuesta para la industria química, que se encontraba en desarrollo.

En la década de los 80's del siglo XIX comenzó a usarse públicamente el término de ingeniería química, parte de la aceptación de la ingeniería química dependió también de que al escalar los procesos muchos de ellos no eran posibles como en el laboratorio, por lo tanto la aplicación a gran escala de la química impulsó la enseñanza de esta área.

Manchester es una de las ciudades con mayor tradición en la enseñanza de la ingeniería química, ya que como se enuncia anteriormente George E. Davis impartió las primeras cátedras especializadas en el área pero en el *Manchester Municipal College of Technology* no fue sino hasta la década de los treinta, del siglo XX, que se impartieron cursos específicos para la ingeniería química en esta institución.

En sus conferencias, Davis, analiza los problemas de la industria química contemporánea, advierte la necesidad de educar especialistas para enfrentar los retos de este tipo específico de industria y reconoce que los procesos químicos son, en sí, secuencias de una serie de procedimientos sencillos. Aunque los problemas de los que Davis hablaba en sus conferencias eran notorios, la mayoría de sus contemporáneos, en Inglaterra, no creyeron necesaria la formación de profesionistas especializados en la rama, se resistían a la idea de hacer un híbrido entre la ingeniería y la química, pero esto cambió gradualmente hacia 1900 con la

introducción de el concepto de operaciones unitarias, basado en las ideas iniciales de Davis. A su vez las conferencias no sólo fungieron como el iniciador del concepto de Ingeniería química, sino también cuando fueron publicadas, sirvieron como libros de texto para el apoyo de la nueva profesión.

## CAPÍTULO III

# CONSOLIDACIÓN DE LA INGENIERÍA QUÍMICA EN ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

El inicio y desarrollo de la ingeniería química en los Estado Unidos de América, se basó en la evolución de la industria química en Europa y en Norte América, por lo tanto a continuación se presenta un resumen sobre el desarrollo de dicha industria

Durante el siglo XIX a partir de 1850 la *Swiss Chemical Industry* florecía como una de las mayores productoras de tintes sintéticos; a finales de 1880's dicha industria se diversificó y tomó la fabricación de los medicamentos. En todos los mercados, la más grande competencia de esta empresa Suiza fueron las compañías alemanas de tintes, exceptuando el caso del cloruro de sodio, ya que Suiza carecía de materias primas para dicha sustancia. Por lo tanto la antes mencionada nación se posicionó como el segundo lugar en el mercado de sustancias orgánicas, después de Alemania, a pesar de que las empresas eran mucho más pequeñas y con menor número de empleados en el área que las compañías alemanas.

A mediados del siglo XIX la industria Danesa sólo producía materia prima para el área local de origen, como aceites y jabón, cerveza y otros destilados, azúcar refinada, papel, textiles, vidrio y porcelana. La producción de la química pesada sólo se dio en dos sectores: en la fabricación de ácido sulfúrico y de superfosfatos. Las primeras plantas de gas de carbón fueron construidas en las ciudades en los 1850's. El progreso de varias de las industria químicas danesas entre 1856 y 1918 fue dominada por actividades relacionadas con la biología. La única industria química pesada fue la de la fabricación de ácido sulfúrico y fertilizantes. En la industria basada en los silicatos como la producción de cemento Portland Dinamarca llegó a ser importante.

La mayoría de los países europeos no desarrollaron la industria química en el siglo XIX, fue tan sólo con la primera guerra mundial que muchas de las industrias se desarrollaron por la necesidad de algunas sustancias. Así como la industria química no se desarrolló, tampoco se enseñaba la química en estos países, ya que no era necesario tener especialistas en la materia si no existían industrias que los requirieran.

El caso de Inglaterra y Alemania fue totalmente lo opuesto, estas industrias tuvieron gran desarrollo en los siglos XIX y XX, contando con una mentalidad totalmente diferente en cuanto a las necesidades de los desarrollos tecnológicos.

La industria química inglesa fue la mayor desarrolladora de nueva tecnología industrial compitiendo con Alemania, lo cual explica el progreso, entre otros, de la legislación de patentes, financiamiento, educación y aplicación del conocimiento.

Con base en lo anterior y después de las conferencias que impartió Davis en Inglaterra se inició así el proceso de formación de la ingeniería química como profesión, en 1888, en los Estados Unidos de América, Lewis Mills Norton organizó y comenzó el primer curso llamado ingeniería química, este curso fue el décimo ofrecido en el MIT, por lo tanto fue llamado "*course X*". El plan de estudios era muy parecido al de química y al de los ingenieros mecánicos pero en el último año se impartía una clase única para los ingenieros químicos, la cual llevaba el nombre de '*Applied Chemistry*', que en resumen era química vista desde la perspectiva de la ingeniería, de hecho nació como una opción del departamento de química.

La experiencia de Norton reconocía problemas específicos en la ingeniería en la industria química. Él inició un nuevo plan de estudios en ingeniería química para dar a los estudiantes 'una formación general en ingeniería mecánica y al mismo tiempo una porción de su tiempo dedicarla a la aplicación de las artes de la química, especialmente a aquellos problemas de la ingeniería los cuales tenían que ver con la fabricación de productos químicos'.



Desde los tempranos 1900's el crecimiento de la industria química en los Estados Unidos de América, que aumentó considerablemente en comparación con 1880, incrementó la necesidad de profesionales con la formación en ingeniería química. Pero así como en Inglaterra, en los Estados Unidos de América también hubo oposición y dudas de la nueva carrera, algunos expertos emitían opiniones desfavorables sobre la ingeniería química, ya que pensaban que no era necesario que a la ingeniería mecánica se le aplicara la química a largo plazo. A pesar de los malos augurios la disciplina de la ingeniería química fue emergiendo lentamente, así que varias de las instituciones fueron integrando cursos con este título. En Octubre de 1905 R. K. Meade publicó una editorial en su nuevo diario "*The Chemical Engineer*" preguntando ¿Por qué no a la "*American Society of Chemical Engineers*"?, él estimaba que ya existían 500 ingenieros químicos en los Estados Unidos de América y sospechaba que una sociedad profesional podía ayudar a persuadir a las industrias a ver la necesidad de estos profesionistas. [1]

Cuando el "*Massachusetts Institute of Technology*" (MIT) dio como opción el programa de ingeniería química en su departamento de química, el plan de estudios describía ampliamente operaciones industriales y fue creado para productos específicos, por lo que no tardó mucho en encontrar temas a los cuales no daba solución (paradigmas). Una mejor formación en la disciplina requería tener la preparación suficiente para que, a pesar de que las industrias fueran diferentes, los ingenieros tuvieran el conocimiento suficiente para resolver los problemas que surgieran, aunque hubiese muchas y distintas formas de fabricar un mismo producto.

La primera resolución del paradigma fue propuesta por Artur D. Little con lo que llamó "Operaciones Unitarias" en 1915, el concepto auxilió a cualquier tipo de proceso de fabricación a ser resuelto, por una serie de operaciones, tales como la pulverización, secado, cristalización, filtrado, evaporación, destilación, electrolisis entre otras. Así el estudio académico de aspectos específicos se convirtió en el estudio genérico de diferentes procedimientos comunes los cuales incorporados daban como resultado el procedimiento final de un proceso, así no sólo se podía

estudiar un proceso en específico, sino que, se estudiaban diferentes operaciones comunes en diferentes procesos. La forma cuantitativa de las operaciones unitarias se dio alrededor de 1920, justamente cuando se originó la primera crisis de gasolina, por lo que la habilidad de los ingenieros químicos de separar la gasolina del crudo se demostró en la cuantificación de procesos como la destilación al diseñar las refinerías.

Durante el periodo de la mejora de las operaciones unitarias, otras herramientas clásicas del análisis de la ingeniería química fueron fusionadas, como el estudio de balances de materia y energía y los fundamentos de la termodinámica de sistemas multicomponentes.

La ingeniería química jugó un papel muy importante para los Estados Unidos de América en la Segunda Guerra Mundial, ya que dicha disciplina ayudó a encontrar nuevas formas de producir hule sintético y proveyó de uranio 235 necesario para la bomba atómica, escalando un paso del laboratorio a nivel industrial.

En la década de 1930's DuPont, Union Carbide, Allied Chemical & Dye, Monsanto, Dow y American Cyanamide dominaban la industria en los Estados Unidos de América y se regulaban con sus propias normas.

Dupont comenzó en 1802, con la inauguración de la fábrica de pólvora de E.I. du Pont de Nemours, en Estados Unidos de América. Entre los desarrollos científicos más importantes de esta empresa se encuentran el neopreno, nylon, la fibra elastano lycra, el fluoropolímero Teflón, el Nomex y el Kevlar. En 1914 Pierre S. du Pont hizo que la empresa invirtiera en la industria automovilística, comprando acciones de General Motors, en 1957 DuPont vendió su participación en la empresa. Al correr la década de los 20's DuPont dirigió su investigación a los polímeros y durante las Guerras Mundiales fue proveedor del ejército estadounidense, tras la guerra se dedicó al desarrollo y comercialización de otros productos, como las fibras antes mencionadas y los refrigerantes Clorofluorocarbonos (CFC's).

Dow Chemical era una compañía que comenzó vendiendo sólo blanqueador y bromuro de potasio, en 1902 su producción llegó a ser de 72 toneladas por día. Un grupo de fábricas británicas se unieron para bajar sus precios y acabar con la empresa pero Dow también bajó sus precios en respuesta al atentado y sobrevivió, así comenzó a diversificarse. En veinte años Dow Chemical se convirtió en el mayor productor de químicos para la agricultura, cloro elemental, fenol, productos para hacer colorantes y magnesio elemental. En los treinta Dow comenzó la producción de resinas plásticas, de las cuales la primera fue etilcelulosa, hecha en 1935 y posteriormente poliestireno en 1937.

En 1930, Dow construyó la primera planta para producir magnesio a partir de agua de mar. También hizo negocios estratégicos en la Segunda Guerra Mundial, produjo silicones para la milicia, después la población civil comenzó a usarla. En la era de la postguerra Dow comenzó a expandirse fuera de Norteamérica fundando la primera subsidiaria en Japón en 1952 y expandiéndose rápidamente a otras naciones. Hoy en día Dow es el mayor productor de plásticos.

Monsanto fue fundada en San Luis Missouri, en 1901 por John Francis Quincey. Se convirtió en distribuidor de refresco. Fue el primer productor de endulzante artificial, la sacarosa, la cual vendía a Coca Cola Company, también agregó cafeína y vainillina a las ventas para dicha compañía.

En los 20's Monsanto también introdujo a la producción de ácido sulfúrico. En los 40's se convirtió en un gran productor de plásticos, incluyendo poliestireno y fibras sintéticas.

Durante la primera mitad del siglo XX el conocimiento de la Ingeniería Química se basó en el concepto de Operaciones Unitarias. El estudio profundo de este fundamento llevó a un segundo paradigma de la disciplina.

De alguna manera el movimiento del Chemical Engineering Science emergió para definir una nueva era y los pioneros del desarrollo de esta nueva era fueron concernientes al MIT. Este movimiento estaba basado en las operaciones de la

ingeniería química pero buscaba reorganizar estos principios para reformularlos en un contexto más general que las operaciones unitarias.

Otro paradigma surgió cuando se observó la necesidad de dominar la parte económica de la producción, ésta sería la clave para la innovación del diseño y control de procesos y operaciones de fabricación.

Por lo tanto la segunda cuestión que contribuyó a forzar el desarrollo de la ingeniería química fue la creciente competencia en los mercados mundiales. La calidad de los productos fue cada vez más importante para poder competir en el mercado global. Si los Estados Unidos de América querían ser competitivos tendrían que mejorar la calidad de los productos y encontrar nuevos caminos para disminuir los costos. Esto dio paso a nuevos procesos, productos, a nuevos sistemas de control de procesos y nuevas operaciones de fabricación, lo cual era vital para los Estados Unidos de América para tener presencia en los mercados de genéricos tipo commodity, ya que millones de empleos eran generados por este tipo de industrias, cubrían las necesidades básicas de la sociedad y generaban valiosos productos de exportación.

Con los procesos y productos nuevos y el avance de la tecnología fueron hallándose nuevos paradigmas, fenómenos para los cuales la descripción empírica no era suficiente, ya que las operaciones unitarias no resolvían problemas a nivel molecular. La siguiente frontera que tuvo la ingeniería química fue dada por los procesos en los que la influencia de los nuevos avances intelectuales y los nuevos retos tecnológicos y económicos requerían de una renovación en la forma de desarrollar la disciplina.

El desarrollo de la industria electrónica, biotecnológica y de gran transformación de los materiales, lo que forzó con mayor intensidad la resolución de este paradigma fue la explosión de nuevos productos y materiales que entrarían en el mercado en las siguientes décadas. Estos productos tenían una gran dependencia de la estructura y diseño a nivel molecular, por lo tanto los procesos requerían de un control preciso para su fabricación. Estas demandas crearon nuevas

oportunidades para los ingenieros químicos en el área de diseño de productos e innovación de procesos.

La tercera razón de fuerza para la evolución de esta disciplina fue el creciente riesgo para la salud y los impactos de la fabricación, transportación, uso y disposición final de los químicos, debido a que hoy en día la sociedad moderna no tolera los incidentes que causen contaminación o problemas ambientales. La Ingeniería Química funge también como guardián medio ambiental y de la sociedad.

La cuarta razón de evolución es la curiosidad intelectual por el impacto en el futuro de la misma Ingeniería Química, lo cual extiende sus fronteras a los conceptos e ideas concebidos en el pasado, la Ingeniería Química busca crear nuevas soluciones, conocimientos y herramientas para profundizar en el desarrollo de las siguientes generaciones de Ingenieros Químicos.

El foco de la Ingeniería Química siempre ha sido la Industria, los cambios de los estados físicos y de la composición química de los materiales, la síntesis, el diseño, optimización, operación y control de procesos. La escala de los procesos es otro de los eslabones de la Ingeniería química, que pueden ser de macroescala como es lo que se resuelve con las operaciones unitarias, de mesoescala como los sistemas de combustión interna y de microescala como las reacciones moleculares y de transporte. La influencia de una escala en otra se pueden observar por ejemplo en el paso del estudio a mesoescala de un reactor químico hasta el estudio en microescala de las dinámicas complejas de fluidos en éste.

La escala que hoy en día está en la cúpula de la evolución en la industria es la nanoescala, es decir entre 1 y 100 mil millonésima parte de un metro, lo cual no es menor que el tamaño de un átomo pero puede ser del tamaño de una molécula. El estudio de los fenómenos y propiedades a esta escala se llama nanociencia y a la aplicación práctica de estos conocimientos se le llama nanotecnología. Cabe recalcar que los fenómenos y las propiedades físicas y químicas cambian a esta escala, por lo tanto es una nueva posibilidad de desarrollo científico e industrial y

por lo cual se tienen amplias expectativas en las áreas de energía, productividad agrícola, tratamiento de aguas, diagnóstico de enfermedades y monitoreo de la salud, administración de fármacos, procesamiento de alimentos, remediación de contaminación atmosférica, entre otros.

Después de la segunda guerra mundial se dio un gran crecimiento de la enseñanza de la ingeniería química, muchas de las universidades comenzaron a impartir esta carrera o en los casos en que ya existían los departamentos en las universidades las donaciones de las industrias ayudaron a la expansión de éstos. En la etapa de la posguerra se estima que se requerían 1200 ingenieros químicos más de los que se requerían antes de los 1950's, como resultado el gobierno británico decidió invertir para lograr una rápida expansión de la enseñanza de la Ingeniería Química, por lo cual el número de instituciones que ofrecían esta carrera dobló su número. Una expansión similar ocurrió en Australia, Canadá, Sudáfrica y Japón.

La clave de este desarrollo se debió a tomar bases más profundas del conocimiento de los fundamentos de transferencia de momentum, masa y energía, lo cual ayudó a resolver una mayor variedad de problemas en las nuevas áreas de esta actividad.

La segunda mayor revolución en el área de la educación, en Ingeniería Química, se dio en la Universidad de Wisconsin, donde los profesores R. Byron Bird, Warren E. Stewart y Edwin N. Lightfoot unieron su conocimiento en la publicación de *Transport Phenomena* (1960), esta publicación fue un importante impulso en el acercamiento científico en la ingeniería química, haciendo una aproximación y unificación de diferentes procesos en un solo análisis, utilizando las llamadas ecuaciones de continuidad.

En los 60's surge la corriente del *Process Systems Engineering*, que en contraste con la aproximación analítica del *Chemical Engineering Science*, el *Process Systems* se integra a él mismo y además integra los elementos sintéticos de la

Ingeniería Química con la concepción y el diseño de sistemas y control de procesos y con la operación efectiva de procesos y plantas complejas.

Como una contribución extra la creciente viabilidad de las computadoras abrió la posibilidad del uso del análisis matemático y ayudaron a la concepción y el entendimiento de sistemas complejos.

Ahora la base de la currícula de ingeniería química incluye matemáticas, física y química, estos temas son necesarios en el riguroso estudio de materias como termodinámica de multicomponentes y cinética, fenómenos de transporte, operaciones unitarias, Ingeniería de reacciones químicas, diseño y control de procesos, diseño de plantas e ingeniería de sistemas.

## CAPÍTULO IV

### PLAN DE ESTUDIO ACTUAL EN EL MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT)

El MIT es la institución que tiene la mayor tradición en la enseñanza de la ingeniería química, es decir, fue la primera institución en impartir cursos especializados en ingeniería química y además es una de las Universidades líderes en el ramo en la actualidad. Por lo tanto el análisis comparativo de los planes de estudio del MIT y los de la Facultad de Química, UNAM, es una cuestión digna de examinarse.

El plan de estudios de Ingeniería Química en el MIT tiene un sistema dinámico, flexible y basado en las necesidades de aprendizaje de cada uno de los individuos que cursan la carrera en esa institución. El plan de estudios, "*the course ten*", en el MIT es un plan libre, es decir cada individuo puede escoger las asignaturas que más convengan a su formación y al proyecto de investigación en que desee participar, además de tomar clases pertinentes al tronco común de la carrera con una base en ciencias básicas y de aplicación. Cada uno de los estudiantes debe escoger un tutor, el cual tiene un área de investigación en la que se especializa, al igual que todos los profesores que imparten clases en la institución, cada tutor orienta el trabajo de los estudiantes con respecto a las materias que deben cursar para tener los conocimientos necesarios en la línea de desarrollo que quieren seguir, esto quiere decir que cada plan de estudios es único y diferente para cada estudiante. Además de lo antes mencionado el aprendizaje es "vivencial", es decir, tiene un estilo de aprendizaje que depende de la experiencia de los individuos en el área de su desarrollo.

El plan de estudios es interactivo y puede ser interdisciplinario, para cubrir los requisitos pueden tomarse materias de otros departamentos que no sean, propiamente dicho, el departamento de Ingeniería Química, por lo tanto se encuentra una gran oferta de asignaturas a cursar y oportunidades de



colaboración. La cooperación interdisciplinaria es un pilar en la formación cultural de los estudiantes, entre la matrícula de estudiantes, los investigadores, las universidades, instituciones y compañías que tienen contacto con el MIT. Las fronteras son pocas y bajo el número de barreras, por lo tanto hace más fácil el acercamiento.

La matrícula de profesores consta de numerosos individuos con la mayor especialización en cada una de las áreas o asignaturas que imparte, así como también el MIT tiene un gran soporte integral, tanto en la infraestructura como en el área humanística y de comunicación.

Existen en el MIT tres diferentes "*course ten*":

"Course X" - Ingeniería Química

"Course XB" - Ingeniería Bioquímica

"Course XC".

El plan de estudios a analizar en el presente trabajo es el "Course X" que es el que corresponde a la carrera de Ingeniería Química "pura".

Tal como se señala en el documento del MIT:

"El Plan de Estudios de Ingeniería Química está formado por ciencias básicas (física, química y biología) y matemáticas para así poder tener una base para las ciencias de la ingeniería: termodinámica y fenómenos de transporte, los cuales describen el comportamiento de la materia y la energía al equilibrio y en tránsito. Estas ciencias abstractas proveen de bases prácticas para el análisis de los procesos químicos y biológicos, los cuales, en el sentido más amplio abarcan desde los reactores hasta los separadores para la purificación de productos. El plan de estudios concluye con cursos que unen piezas separadas, también incluye un laboratorio y diseños experimentales. Por supuesto, es más que eso, este plan

de estudios es complementado con otros cursos esenciales y optativos que se definen en los requerimientos para obtener el grado."<sup>1</sup>

El "Course X" tiene la estructura siguiente:

Tabla I

<b>(GIR) Requerimientos Generales del Instituto</b>	<b>No. De Asignaturas a cursar</b>
Ciencias	6
Requerimiento de Humanidades, Artes y Ciencias Sociales	8
Optativas Restringidas en Ciencia y Tecnología (REST)	2
Requerimiento de Laboratorios	1
<b>Totales</b>	<b>17</b>

Tabla II

<b>Requerimientos en Comunicación</b>	<b>No. De Asignaturas a cursar</b>
Comunicación intensiva en Humanidades, Artes y Ciencias Sociales (CI-H)	2
Comunicación intensiva en el "Major" (CI-M)	2
<b>Totales</b>	<b>4</b>

Tabla III

<b>Programa departamental</b>	<b>Unidades Requeridas</b>
Asignaturas requeridas del programa departamental	162
Optativas Restringidas (REST)	24
Programa departamental que también satisfacen el GIRs	36
Optativas no restringidas	48
<b>Totales Obligatorias</b>	<b>198</b>

Las tablas anteriores son un condensado del programa de estudios, se requiere cubrir, como mínimo, lo mencionado en estas tres para obtener el grado de Ingeniero Químico

<sup>1</sup> <http://web.mit.edu/cheme/undergraduate/requirements.html>

El programa departamental que es el núcleo básico de asignaturas es el siguiente:

Tabla IV

Clave	Nombre de la asignatura	Unidades	Tipo de asignatura	Prerrequisitos
5.12	Química Orgánica 1	12	REST	5.111 * Química General
+ Una de las siguientes dos				
5.07	Química Biológica 1	12	REST	5.12 Química Orgánica I
7.05	Bioquímica General	12	REST	5.12 Química Orgánica I, 7.012* Introducción a la Biología
+				
5.31	Laboratorio de química	12	LAB	5.12 Química Orgánica I
+				
5.6	Termodinámica y Cinética	12	REST	18.02 Cálculo, 5.111* Química General
+				
10.1	Introducción a la Ingeniería Química	12		8.01 Física I, 18.01 Física I-B, 5.111* Química General
+				
10.213	Ingeniería Termodinámica Química y Biológica	12		8.01 Física I, 18.01 Física I -B, 5.111* Química General
+ Una de las siguientes 4				
10.26	Laboratorio de Proyectos de Ingeniería Química	15	CI-M	5.310 Laboratorio de Química ó 7.02 Introducción a la Biología Experimental y comunicación, 10.302 Procesos de Transporte

10.27	Laboratorio de Procesos de Ingeniería Química	15	CI-M	5.310 Laboratorio de Química, 10.32 Procesos de Separación, 10.37 Cinética Química y Diseño de Reactores
10.28	Laboratorio de Ingeniería química-Biológica	15	CI-M	5.310 Laboratorio de Química, 7.02 ó 10.702 Introducción a la Biología Experimental y Comunicación; 7.05 Bioquímica General ó 5.07 Biología Química I
10.29	Laboratorio de Proyectos de Ingeniería Biológica	15	CI-M	5.310 Laboratorio de Química, 7.02 Introducción a la Biología Experimental y comunicación, ó 10.702 Introducción a la Biología Experimental y comunicación, 10.302 Procesos de Transporte

+

10.301	Mecánica de Fluidos	12	REST	18.03 Ecuaciones Diferenciales, 10.10 Introducción a la Ingeniería Química
10.302	Procesos de Transporte	12		5.60 Termodinámica y Cinética, 10.213 Ingeniería Termodinámica Química y Biológica, ó 10.301* Mecánica de Fluidos
10.32	Procesos de Separación	6		10.213 Ingeniería Termodinámica Química y Biológica, 10.302 Procesos de Transporte

10.37	Cinética Química y Diseño de Reactores	9		5.60 Termodinámica y Cinética, 10.301 Mecánica de Fluidos
10.49	Ingeniería Química Integrada 1	8		10.37 Cinética Química y Diseño de Reactores
10.491	Ingeniería Química Integrada II	8		10.490 Ingeniería Química Integrada I

+ Dos de las siguientes tres:

10.492	Tópicos Integrados de Ingeniería Química I	4		10.490 Ingeniería Química Integrada I
10.493	Tópicos Integrados de Ingeniería Química II	4		10.490 Ingeniería Química Integrada I
10.494	Tópicos Integrados de Ingeniería Química III	4		10.490 Ingeniería Química Integrada I

+ Una de las siguientes dos:

18.03	Ecuaciones Diferenciales	12	REST	18.02Cálculo* ó 18.014 Cálculo con Teoría
18.034	Ecuaciones Diferenciales	12	REST	18.02Cálculo* ó 18.014 Cálculo con Teoría

Para cubrir las optativas restringidas se debe cursar 1 Asignatura en Ingeniería Química, excepto 10.UR, 10.URG, 10.Thu, 10.04, 10.792J, 10.801-10.806, 10.90-10.999 más 1 Laboratorio de los siguientes:

3.014	Laboratorio de Materiales	12	CI-M	Permiso del instructor
3.155/ 6.152J	Tecnología de Micro/Nano Procesos	12	CI-M	Permiso del instructor
5.36	Laboratorio de Bioquímica y Orgánica	12	CI-M	5.310* Laboratorio de Química, 5.07 Biología Química ó 7.05 Bioquímica General, 5.13 Química Orgánica II

7.02	Introducción a la Biología y Comunicación experimental	18	CI-M, LAB	7.012* Introducción a la Biología
10.467	Laboratorio de ciencias de los polímeros	15	CI-M	5.12 Química Orgánica I, 5.310* Laboratorio de Química
10.26	Laboratorio de Proyectos de Ingeniería Química	15	CI-M	10.302 Procesos de Transporte, 5.310 Laboratorio de Química
10.27	Laboratorio de Procesos de Ingeniería Química	15	CI-M	10.32 Procesos de Separación, 10.37 Cinética Química y Diseño de Reactores, 5.310 Laboratorio de Química
10.28	Laboratorio de Ingeniería Química-Biológica	15	CI-M	5.310 Laboratorio de Química, 7.02 Introducción a la Biología Experimental y comunicación , ó 10.702 Introducción a la Biología Experimental y comunicación y 7.05 Bioquímica General ó 5.07 Biología Química I
10.29	Laboratorio de Proyectos de Ingeniería Biológica	15	CI-M	5.310 Laboratorio de Química, ó 7.02 Introducción a la Biología Experimental y comunicación , 10.302 Procesos de Transporte
10.702	Introducción a la Biología experimental y comunicación	18	CI-M, LAB	7.012 Introducción a la Biología.

Se puede observar lo flexible que es el programa de estudios si se subraya que las asignaturas de las tablas I y II sólo tienen la restricción de formar parte del tipo de asignatura que se indica en la tabla, como un ejemplo se puede mencionar si se requiere cubrir 2 asignaturas del tipo REST sólo se busca en la lista de asignaturas disponibles las que cubran este requerimiento, además de que en el programa departamental, que se puede decir es el núcleo básico o tronco común de la carrera, también se tienen diferentes opciones de asignaturas a cursar aunque estas sean más restringidas.

Las asignaturas disponibles a cursar se encuentran adjuntas en el ANEXO A de la presente tesis. En el ANEXO B se encuentra la descripción sintética de las asignaturas del programa departamental.

## **CAPÍTULO V**

### **PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA QUÍMICA EN LA FACULTAD DE QUÍMICA DE LA UNAM**

Los planes de estudio de la Facultad de Química de la UNAM fueron modificados recientemente (Fecha de aprobación del plan de estudios: 15 de junio del 2005), con el objetivo de que la carrera satisfará las necesidades, tanto de los alumnos como del entorno social y laboral que hoy en día impera.

Este plan de estudios es un tanto más flexible que el anterior, sin dejar de tener como objetivo formar íntegros ingenieros químicos. Este plan es adaptable a las necesidades de aprendizaje de cada uno de los alumnos, tal como el plan de estudios del MIT, con el objetivo de hacerlo "un traje a la medida", sin olvidar los principios básicos en ciencias y en ingeniería, de la formación del estudiante.

El perfil profesional del egresado es:

"El ingeniero químico es el profesionista con capacidad analítica que le permite resolver los problemas inherentes al diseño y operación de plantas químicas en las que la materia prima se transforma en productos útiles a la sociedad."<sup>1</sup>

Características especiales del plan de estudios:

- Un tronco común que ocupa una porción básica del mapa curricular.
- Una notable flexibilidad, lograda a través de una amplia oferta de materias optativas.
- El reforzamiento de la formación integral del profesional vía la inclusión de algunas materias curriculares socio-humanísticas.

---

<sup>1</sup> [https://www.dgae.unam.mx/planes/f\\_quimica/Ingquim.pdf](https://www.dgae.unam.mx/planes/f_quimica/Ingquim.pdf)



- La incorporación de una actividad curricular terminal que promueve la integración de conocimientos y la titulación de los egresados.
- Su particular diseño que implica una mayor actividad colegiada entre los docentes.
- El fortalecimiento de las actividades curriculares experimentales mediante la ampliación del número de materias netamente práctico-experimentales que presentan objetivos y programas propios. "2

La duración de la carrera es de 9 semestres, con un total de 405 créditos, de los cuales 315 son créditos de asignaturas obligatorias y 90 de optativas, en algunos casos existe seriación, la cual es obligatoria. La carrera tiene un total de 45 asignaturas obligatorias más 10 a 14 asignaturas optativas, que como mínimo deben ser igual a 405 créditos. El número total de asignaturas puede variar debido al número de créditos que tenga cada una de las asignaturas optativas. De las 45 asignaturas obligatorias 16 son teóricas, 7 son prácticas y 22 son teórico – prácticas más la Estancia Académica o Estancia Profesional, lo que da un total de 339 créditos.

Los 66 créditos restantes que corresponden a las asignaturas optativas, que se dividen en: disciplinarias y socio-humanísticas.

El esquema general se muestra en la tabla que sigue (Tabla V):

<b>Asignaturas</b>	<b>Créditos</b>
Obligatorias (46)	339
Optativas Disciplinarias (6-10)	42
Optativas Sociohumanísticas (4)	24
<b>Total (56-60)</b>	<b>405</b>

Como un esquema menos general se presenta a continuación el plan de estudios de la Facultad de Química en un condensado organizado por semestre (Tabla VI).

<b>PRIMER SEMESTRE</b>
------------------------

<b>Clave</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Créditos</b>
1110	Álgebra Superior	8
1111	Cálculo I	8
1112	Ciencia y Sociedad	6
1113	Física I	8
1114	Química General I	9

<b>SEGUNDO SEMESTRE</b>
-------------------------

<b>Clave</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Créditos</b>
1205	Cálculo II	8
1206	Estructura de la Materia	6
1209	Física II	8
1210	Laboratorio de Física	4
1211	Química General II	8
1212	Termodinámica	11

<b>TERCER SEMESTRE</b>
------------------------

<b>Clave</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Créditos</b>
1307	Ecuaciones Diferenciales	8
1308	Equilibrio y Cinética	9
1310	Química Inorgánica I	9
1311	Química Orgánica I	10
1316	Balances de Materia y Energía	10

**CUARTO SEMESTRE**

<b>Clave</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Créditos</b>
1400	Estadística	8
1402	Química Analítica I	9
1412	Química Orgánica II	9
1424	Métodos Numéricos	6
1426	Termodinámica Química	10
1428	Transferencia de Momentum	6

**QUINTO SEMESTRE**

<b>Clave</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Créditos</b>
95	Economía y Sociedad	6
1538	Cinética Química y Catálisis	6
1540	Electroquímica	6
1542	Fenómenos de Superficie	6
1543	Ingeniería de Fluidos	7
1544	Laboratorio de Ingeniería Química I	3
1547	Transferencia de Energía	6
	Optativa Sociohumanística	

**SEXTO SEMESTRE**

<b>Clave</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Créditos</b>
1640	Ingeniería de Calor	7
1642	Ingeniería de Reactores I	6
1643	Ingeniería Económica I	6
1644	Laboratorio Unificado de Fisicoquímica	4
1646	Laboratorio de Ingeniería Química II	3
1649	Transferencia de Masa	6

	Optativa Sociohumanística	
	Optativas Disciplinarias	

### SEPTIMO SEMESTRE

Clave	Asignatura	Créditos
1740	Ingeniería de Reactores II	7
1742	Ingeniería Ambiental	6
1743	Ingeniería Económica II	6
1749	Laboratorio de Ingeniería Química III	3
1750	Procesos de Separación	10
	Optativa Sociohumanística	
	Optativa Disciplinaria	
	Optativa Disciplinaria	

### OCTAVO SEMESTRE

Clave	Asignatura	Créditos
1817	Diseño de Procesos	10
1819	Dinámica y Control de Procesos	7
1823	Laboratorio de Ingeniería Química IV	3
1824	Taller de Problemas	6
	Optativa Sociohumanísticas	

### NOVENO SEMESTRE

Clave	Asignatura	Créditos
216	Estancia Académica	24
217	Estancia Profesional	24
1912	Ingeniería de Proyectos	7
	Optativa Disciplinaria	
	Optativa Disciplinaria	

La descripción sintética de las asignaturas obligatorias se encuentra en el ANEXO C de la presente tesis.

Cabe mencionarse que las asignaturas optativas pueden cursarse por bloques o individuales, así como también se pueden cursar asignaturas de elección en otra de las carreras de la Facultad de Química (ANEXO D), en las diferentes facultades, en otro campus de la UNAM e inclusive de otras universidades.

A continuación se indican las asignaturas optativas que pueden cubrir los requerimientos del plan de estudios que se encuentran disponibles en la carrera de Ingeniería Química (Tabla VII).

<b>ÁREA</b>	<b>OPTATIVAS SOCIOHUMANÍSTICAS</b>
-------------	--

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
96	Filosofía de la Ciencia	6
97	Fundamentos de Administración	6
98	Fundamentos de Derecho	6
99	Pensamiento y Aprendizaje	6
100	Psicología del Trabajo Humano	6
101	Regiones Socioeconómicas	6
102	Relaciones Humanas	6
103	Teoría de la Organización	6
104	Comunicación Científica	6
1089	Ciencia y Arte I	6
1090	Ciencia y Arte II	6

**ÁREA OPTATIVAS DISCIPLINARIAS****ÁREA PAQUETE TERMINAL CATÁLISIS**

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
0207	Catálisis I	6
0212	Catálisis II	6
0237	Laboratorio de Catálisis	3
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>15</b>

**ÁREA PAQUETE TERMINAL BIOTECNOLOGÍA**

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
0142	Biotecnología	4
0147	Tecnología Enzimática	8
0206	Bioquímica General	8
0218	Ingeniería Bioquímica	10
0222	Laboratorio de Microbiología	4
0254	Microbiología General	6
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>40</b>

**ÁREA PAQUETE TERMINAL INGENIERÍA DE PROYECTOS**

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
0204	Administración del Riesgo	6
0205	Administración de Proyectos	6
0213	Diseño de Equipo	6
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>18</b>

**ÁREA PAQUETE TERMINAL MATEMÁTICAS APLICADAS**

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
0256	Matemáticas Aplicadas I	6
0265	Matemáticas Aplicadas II	6
0267	Matemáticas Aplicadas III	6
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>18</b>

**ÁREA PAQUETE TERMINAL PROTECCIÓN AMBIENTAL**

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
0273	Protección Ambiental I	6
0274	Protección Ambiental II	6
0275	Protección Ambiental III	6
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>18</b>

**ÁREA PAQUETE TERMINAL INGENIERÍA DE SISTEMAS**

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
0219	Ingeniería de Sistemas I	6
0220	Ingeniería de Sistemas II	6
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>12</b>

**ÁREA PAQUETE TERMINAL POLÍMEROS**

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
0221	Introducción a la Ciencia de Polímeros	6
0272	Modelado y Simulación de Procesos Poliméricos	6
0276	Reología y Procesamiento de Polímeros	6
0238	Laboratorio de Polímeros I	3
0239	Laboratorio de Polímeros II	3
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>24</b>

**ÁREA PAQUETE TERMINAL ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN**

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
0214	Economía y Administración I	6
0215	Economía y Administración II	6
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>12</b>



## CAPÍTULO VI

### MODELOS COMPARATIVOS DE LOS PLANES DE ESTUDIO.

Se puede decir que existen diferentes perspectivas desde las que se pueden comparar los planes de estudio con los que cuentan ambas instituciones (Facultad de Química de la UNAM y el Instituto Tecnológico de Massachusetts), entre ellas encontramos horas de clase teóricas y prácticas, núcleo básico de conocimientos en Ingeniería Química y asignaturas optativas a cubrir.

Para comenzar a examinar y comparar los planes de estudio se deben mencionar los siguientes datos: En el MIT para que un alumno se gradúe en Ingeniería Química requiere como mínimo 198 unidades como la suma de todas las comprendidas por las asignaturas cursadas antes de GIRs<sup>1</sup> y 17 asignaturas de selección (*2 Science Requirements; 8 Humanities, Arts, and Social Science Requirements; 2 Restricted Electives in Science and Technology, (REST); y 1 Laboratory Requirement*) que conforman el programa llamado GIRS. El Instituto espera que se cursen las 198 unidades y las 17 asignaturas de elección en aproximadamente 4 años, con un promedio de 45-54 unidades por periodo escolar (*term*) los cuales tienen una duración promedio de 13 semanas más el periodo de exámenes finales. El equivalente aproximado para el MIT es de 1 unidad por cada 14 horas de trabajo, incluyendo un promedio general del tiempo de trabajo extraclase. En el caso de la Facultad de Química de la UNAM la duración aproximada en la que se espera que los alumnos completen los requisitos académicos de la carrera de Ingeniería Química es de 4.5 años, en los cuales se tienen que cubrir un total de 405 créditos (entre 56-60 asignaturas). Los créditos en este caso equivalen a dos créditos por cada hora teórica semanal y un crédito por cada hora práctica, en el caso de la Facultad de Química el doble crédito para las horas teóricas contempla el trabajo extra.

---

<sup>1</sup> GIRs (*General Institute Requirements*)

A continuación se muestran las asignaturas obligatorias de ambas instituciones en dos tablas divididas por área de estudio (Tabla VIII para la Facultad de Química y Tabla IX para el MIT).

Los contenidos de las asignaturas que se encuentran en los anexos de la presente tesis.

**TABLA VIII**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**AREA MATEMÁTICAS**

CLAVE	ASIGNATURA	CREDITOS	HORAS TEORICAS	HORAS PRÁCTICAS	HORAS LABORATORIO SEMANALES	PRERREQUISITOS
			SEMANALES	SEMANALES		
1110	Algebra Superior	8	3	2	0	
1111	Cálculo I	8	3	2	0	
1205	Cálculo II	8	3	2	0	1111
1307	Ecuaciones Diferenciales	8	3	2	0	1111 y 1205
1400	Estadística	8	3	2	0	1110
1424	Métodos Numéricos	6	3	0	0	1424
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>46</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	

**AREA FISICA**

CLAVE	ASIGNATURA	CREDITOS	HORAS TEORICAS	HORAS PRÁCTICAS	HORAS LABORATORIO SEMANALES	PRERREQUISITOS
			SEMANALES	SEMANALES		
1113	Física I	8	4	0	0	
1209	Física II	8	4	0	0	1113
1210	Laboratorio de Física	4	0	0	4	1113
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	

**AREA QUIMICA**

CLAVE	ASIGNATURA	CREDITOS	HORAS TEORICAS	HORAS PRÁCTICAS	HORAS LABORATORIO SEMANALES	PRERREQUISITOS
			SEMANALES	SEMANALES		
1114	Química General I	9	2	1	4	
1211	Química General II	8	2	0	4	1114
1206	Estructura de la materia	6	3	0	0	
1310	Química Inorgánica I	9	3	0	3	1206
1311	Química Orgánica I	10	3	0	4	1311
1412	Química Orgánica II	9	3	0	3	1412
1542	Fenómenos de Superficie	6	3	0	0	
1402	Química Analítica I	9	3	0	3	
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>66</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>21</b>	

**AREA FISICOQUIMICA**

CLAVE	ASIGNATURA	CREDITOS	HORAS TEORICAS	HORAS PRACTICAS	HORAS LABORATORIO SEMANALES	PRERREQUISITOS
			SEMANALES	SEMANALES		
1212	Termodinámica	11	4	0	3	
1308	Equilibrio y cinética	9	3	0	3	1212
1426	Termodinámica química	10	4	2	0	1308
1538	Cinética Química y Catálisis	6	3	0	0	1308 y 1538
1540	Electroquímica	6	3	0	0	Haber aprobado el 100% los 3 primeros semestres
1644	Laboratorio Unificado de Físicoquímica	4	0	0	4	1538 y haber aprobado el 100% de los 3 primeros semestres
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>46</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	

**AREA INGENIERIA**

CLAVE	ASIGNATURA	CRÉDITOS	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRACTICAS	HORAS LABORATORIO SEMANALES	PRERREQUISITOS
			SEMANALES	SEMANALES		
1316	Balances de Materia y energía	10	4	2	0	1212
1428	Transferencia de Momentum	6	3	0	0	1307
1543	Ingeniería de Fluidos	7	3	1	0	1428 y 1316
1544	Laboratorio de Ingeniería Química I	3	0	0	3	Seriación indicativa 1316 y haber aprobado el 100% de los 3 primeros semestres
1547	Transferencia de energía	6	3	0	0	1307 y 1428
1649	Transferencia de Masa	6	3	0	0	1428
1640	Ingeniería de Calor	7	3	1	0	1547
1642	Ingeniería de Reactores I	6	3	0	0	1543 y 1538
1646	Laboratorio de Ingeniería Química II	3	0	0	3	Seriación indicativa con 1543 y haber aprobado el 100% de los 3 primeros semestres
1740	Ingeniería de Reactores II	7	3	1	0	1642
1742	Ingeniería Ambiental	6	3	0	0	Haber aprobado el 100% de tronco común
1749	Laboratorio de Ingeniería Química III	3	0	0	3	Seriación indicativa con transferencia de masa
1750	Procesos de Separación	10	4	2	0	1649
1817	Diseño de Procesos	10	4	2	0	1750
1819	Dinámica y control de procesos	7	3	1	0	Indicativa con 1307 e 1740
1823	Laboratorio de Ingeniería Química IV	3	0	0	3	Seriación indicativa con Ing de Reactores II
1912	Ingeniería de Proyectos	7	3	1	0	1817
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>107</b>	<b>42</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	

**AREA ECONOMIA**

CLAVE	ASIGNATURA	CREDITOS	HORAS TEORICAS	HORAS PRACTICAS	HORAS LABORATORIO SEMANALES	PRERREQUISITOS
			SEMANALES	SEMANALES		
0095	Economía y Sociedad	6	3	0	0	Seriación indicativa con 1112 y se sugiere ser inscrita por alumnos de 4o semestre en adelante
1643	Ingeniería Económica I	6	3	0	0	Seriación indicativa con 0095 y haber aprobado el 100% de tronco común
1743	Ingeniería Económica II	6	3	0	0	Indicativa con 1643 y haber aprobado el 100% de tronco común
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

**AREA INTEGRACION**

CLAVE	ASIGNATURA	CREDITOS	HORAS TEORICAS	HORAS PRACTICAS	HORAS LABORATORIO	PRERREQUISITOS
			SEMANALES	SEMANALES	SEMANALES	
1824	Taller de Problemas	6	0	6	0	Haber cubierto 262 créditos totales como mínimo y el 100% de las asignaturas de los 6 primeros semestres
Más	Una de las siguientes dos					
216	Estancia Académica	24	0	0 a 24	0 a 24	Haber cubierto 303 (75 %) créditos totales como mínimo y el 100% del tronco común
217	Estancia Profesional	24	0	0 a 24	0 a 24	Haber cubierto 303 (75 %) créditos totales como mínimo y el 100% del tronco común
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>6 a 30</b>	<b>0 a 24</b>	

**AREA SOCIO-HUMANÍSTICAS**

CLAVE	ASIGNATURA	CRÉDITOS	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS	HORAS LABORATORIO	PRERREQUISITOS
			SEMANALES	SEMANALES	SEMANALES	
1112	Ciencias y sociedad	6	3	0	0	
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

## TABLA IX

## MIT

## DEPARTAMENTAL PROGRAM

**AREA MATEMATICAS**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS	HORAS LABORATORIO	PRERREQUISITOS
	Una de las siguientes dos					
18.03	Ecuaciones diferenciales	12	3	2	0	18.02 ó 18.014
18.034	Ecuaciones diferenciales	12	3	2	0	18.02 ó 18.014
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	

**AREA QUÍMICA Y BIOLOGÍA**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS	HORAS LABORATORIO	PRERREQUISITOS
5.12	Química Orgánica I	12	3	2	0	5.111
Más	Una de las siguientes dos					
5.07	Química Biológica I	12	3	1	0	5.12
7.05	Bioquímica General	12	4.5	1	0	5.12, 7.012
Más						
5.310	Laboratorio de Química	12	2	0	8	5.12
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>36</b>	<b>8 ó 9.5</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	

**AREA FISICOQUIMICA**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS	HORAS LABORATORIO	PRERREQUISITOS
5.60	Termodinámica y Cinética	12	3	2	0	18.02, 5.111
10.213	Termodinámica Química y Biológica para Ingenieros	12	3	1	0	8.01, 18.01, 5.111
10.37	Cinética Química y Diseño de Reactores	9	2	1	0	5.60, 10.301
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>33</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	

**AREA INGENIERÍA**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS	HORAS LABORATORIO	PRERREQUISITOS
10.10	Introducción a la Ingeniería Química	12	3	1	0	8.01, 18.01, 5.111
Más	una de las siguientes cuatro					
10.26	Laboratorio de Proyectos de Ingeniería Química	15	0	0	8	5.310 ó 7.02, 10.302
10.27	Laboratorio de Procesos de Ingeniería Química	15	0	0	8	5.310, 10.32, 10.37
10.28	Laboratorio de Ingeniería Química - Biológica	15	2	0	8	5.310 ó 7.02, 10.702, 7.05 ó 5.07
10.29	Laboratorio de Proyectos de Ingeniería Biológica	15	0	0	8	5.310, 7.02 ó 10.702, 10.302
Más						
10.301	Mecánica de Fluidos	12	3	1	0	18.03, 10.10
10.302	Procesos de Transporte	12	3	1	0	5.60, 10.213 ó 10.301
10.32	Procesos de Separación	6	2	0	0	10.213, 10.302
10.490	Ingeniería Química Integrada I	8	8	0	0	10.37
10.491	Ingeniería Química Integrada II	8	8	0	0	10.490
Más	Dos de las siguientes tres					
10.492	Tópicos Integrados de Ingeniería Química	4	8	0	0	10.490
10.493	Tópicos Integrados de Ingeniería Química II	4	8	0	0	10.490
10.494	Tópicos Integrados de Ingeniería Química III	4	8	0	0	10.490
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>81</b>	<b>43-45</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	

Como se observan en las tablas VIII y IX en el área de matemáticas en la Facultad de Química de la UNAM se señalan 6 asignaturas obligatorias con un total de 18 horas teóricas y 10 prácticas semanales por un lapso de 16 semanas, en el MIT se tiene una asignatura obligatoria: Ecuaciones Diferenciales con 3 horas teóricas y 2 horas prácticas semanales por un lapso de 13 semanas en total de clases, que tiene básicamente los mismos alcances que la asignatura homónima impartida en

la Facultad de Química con 5 horas teórico-prácticas semanales (3 teóricas y 2 prácticas) por 16 semanas. En el MIT estadística y álgebra se encuentran como optativas que pueden cubrir el REST<sup>2</sup>.

El área de física en el MIT es totalmente optativa, se puede cursar para cubrir asignaturas de GIRs<sup>3</sup> o unidades de las asignaturas optativas no restringidas, en el caso de la Facultad de Química se observan 3 asignaturas con un total de 12 horas teórico-prácticas semanales.

En química se encuentra como primera diferencia que el MIT incluye también las áreas biológicas como asignaturas obligatorias, debe cursarse Bioquímica o Química Biológica como una de las asignaturas del REST, en la Facultad de Química sólo se encuentran como optativas las asignaturas de área de biología o bioquímica. El MIT tiene 3 asignaturas que deben cubrirse con un total de entre 11 y 12.5 horas teórico-prácticas más 8 horas de laboratorio semanales, en la Facultad de Química se imparten un total de 22 horas teóricas, 1 práctica y 21 horas de laboratorio semanales, los contenidos de las asignaturas que se hallan en ambas instituciones son prácticamente los mismos, sin embargo como se observa en la Facultad de Química se imparten mayor número de asignaturas (Química Orgánica II, Química Analítica y Fenómenos de Superficie) por lo tanto el contenido en su totalidad es más extenso, con excepción de bioquímica, del mismo modo las asignaturas que no se imparten como obligatorias se pueden cursar como optativas en ambas instituciones.

En el área de Físico-Química se observa la misma tendencia que en el área de química, la Facultad de Química tiene mayor número de horas obligatorias a cursar (19 teórico-prácticas y 10 de laboratorio) con un contenido más amplio y mayor número de temas que en el MIT (12 horas teórico prácticas); así mismo las asignaturas que son obligatorias en Facultad de Química se pueden encontrar en el MIT como asignaturas optativas.

---

<sup>2</sup> REST (Restricted Electives in Science and Technology)

<sup>3</sup> GIRs (General Institute Requirements)

En el área de Ingeniería ocurre exactamente el mismo fenómeno, menor número de asignaturas a cursar como obligatorias que son 9 en el MIT (43-45 horas teóricas, 3 prácticas y 8 de laboratorio) en comparación con 17 de la Facultad de Química (42 horas teóricas, 11 prácticas y 12 de laboratorio).

Para las asignaturas que son del tipo optativo se puede formar diferentes paquetes que tengan orientación a algún tipo en determinado de “especialidad”, en el caso de la Facultad de Química estos paquetes ya se encuentran armados en 8 diferentes grupos de asignaturas, los cuales pueden ser cursados en su totalidad o parcialmente, también se tiene la opción de tomar alguna asignatura disponible en cualquiera de los campus de la UNAM u otra universidad, esto con la finalidad de darle flexibilidad a los planes de estudio y tener mayor número de opciones para que el estudiante oriente su carrera al área de su mayor interés, para lograr el objetivo, la Facultad de Química designa un asesor para cada uno de los alumnos de la carrera, el cual asume la función orientador. En el caso del MIT los alumnos tienen una gran variedad de asignaturas de las cuales tienen la libertad de escoger aquellas que cubran los requerimientos de la administración escolar, en el MIT también se tiene a un asesor quien orienta al alumno con el objetivo de cubrir sus expectativas académicas, el asesor puede ser designado por el Instituto o elegido por el mismo alumno, de igual manera el alumno puede escoger opciones dentro de la institución o en otra de su conveniencia.

Podemos resumir las asignaturas optativas de la siguiente manera (Tabla X):

FACULTAD DE QUÍMICA

**AREA OPTATIVAS SOCIO-HUMANÍSTICAS**

CLAVE	ASIGNATURA	CREDITOS	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRACTICAS	HORAS LABORATORIO	PRERREQUISITOS	SEMESTRE
			SEMANALES	SEMANALES	SEMANALES		
+	Cuatro Asignaturas a Elegir	24	10 a 12	0 a 2	0	Los prerrequisitos dependen de la asignatura seleccionada	5, 6, 7, 8
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>10 a 12</b>	<b>0 a 2</b>	<b>0</b>		

**AREA OPTATIVAS DISCIPLINARIAS**

CLAVE	ASIGNATURA	CREDITOS	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRACTICAS	HORAS LABORATORIO	PRERREQUISITOS	SEMESTRE
			SEMANALES	SEMANALES	SEMANALES		
+	6 a 10	42 totales	10 a 21	0 a 4	0 a 19	Los prerrequisitos dependen de la asignatura seleccionada	
<b>TOTAL</b>	<b>6 a 10</b>	<b>42</b>	<b>10 a 21</b>	<b>0 a 4</b>	<b>0 a 19</b>		

MIT

RESTRICTED ELECTIVES

**AREA INGENIERIA**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS	HORAS LABORATORIO	PRERREQUISITOS
	1 asignatura de "Chemical Engineering"	6 a 15	0 a 8	0 a 3	0 a 8	Los prerrequisitos dependen de la asignatura seleccionada
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0 a 8</b>	<b>0 a 3</b>	<b>0 a 8</b>	

**AREA LABORATORIO**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES	HORAS TEÓRICAS	HORAS PRÁCTICAS	HORAS LABORATORIO	PRERREQUISITOS
	1 Asignatura de <i>Restricted Electives</i>	12 a 18	0 a 3	0 a 2	0 a 12	Los prerrequisitos dependen de la asignatura seleccionada
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>12 a 18</b>	<b>0 a 3</b>	<b>0 a 2</b>	<b>0 a 12</b>	

GENERAL INSTITUTE REQUIREMENTS (GIRs)

**AREA REQUERIMIENTO DE CIENCIAS**

ASIGNATURAS **6**

**AREA REQUERIMIENTO EN HUMANIDADES, ARTES Y CIENCIAS SOCIALES**

ASIGNATURAS **8**

**AREA ELECTIVAS RESTRINGIDAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA (REST)**

ASIGNATURAS **2**

**AREA REQUERIMIENTO DE LABORATORIO**

ASIGNATURAS **1**



AREA REQUERIMIENTOS DE COMUNICACION	
ASIGNATURAS	2 Asignaturas como Comunicación intensiva en Humanidades, Artes y Ciencias Sociales (CI-H)
ASIGNATURAS	2 Asignaturas designadas como Comunicación Intensiva

La Facultad de Química ofrece los siguientes paquetes: Catálisis, Economía y Administración, Ingeniería de Proyectos, Ingeniería de Sistemas, Matemáticas Aplicadas, Polímeros, Protección Ambiental y Biotecnología, además de un grupo de asignaturas optativas que no están incluidas en los paquetes (véase anexo Catálogo de asignaturas que se pueden cursar en la Facultad de Química ) cabe aclarar que se pueden tomar los paquetes terminales completos o se pueden tomar asignaturas separadas de los mismos, también asignaturas de otra carrera u otra Institución. Las asignaturas Optativas Sociohumanísticas se cursan adicionales a las asignaturas disciplinarias. A continuación Tabla XI

AREA PAQUETE TERMINAL CATALISIS	
---------------------------------	--

CLAVE	ASIGNATURA	CRÉDITOS
0207	Catálisis I	6
0212	Catálisis II	6
0237	Laboratorio de Catálisis	3
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>15</b>

AREA PAQUETE TERMINAL BIOTECNOLOGÍA	
-------------------------------------	--

CLAVE	ASIGNATURA	CRÉDITOS
0142	Biotecnología	4
0147	Tecnología Enzimática	8
0206	Bioquímica General	8
0218	Ingeniería Bioquímica	10
0222	Laboratorio de Microbiología	4
0254	Microbiología General	6
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>40</b>

**AREA PAQUETE TERMINAL INGENIERIA DE PROYECTOS**

CLAVE	ASIGNATURA	CRÉDITOS
0204	Administración del Riesgo	6
0205	Administración de Proyectos	6
0213	Diseño de Equipo	6
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>18</b>

**AREA PAQUETE TERMINAL MATEMÁTICAS APLICADAS**

CLAVE	ASIGNATURA	CRÉDITOS
0256	Matemáticas Aplicadas I	6
0265	Matemáticas Aplicadas II	6
0267	Matemáticas Aplicadas III	6
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>18</b>

**AREA PAQUETE TERMINAL PROTECCIÓN AMBIENTAL**

CLAVE	ASIGNATURA	CRÉDITOS
0273	Protección Ambiental I	6
0274	Protección Ambiental II	6
0275	Protección Ambiental III	6
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>18</b>

**AREA PAQUETE TERMINAL INGENIERIA DE SISTEMAS**

CLAVE	ASIGNATURA	CRÉDITOS
0219	Ingeniería de Sistemas I	6
0220	Ingeniería de Sistemas II	6
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>12</b>

**AREA PAQUETE TERMINAL POLÍMEROS**

CLAVE	ASIGNATURA	CRÉDITOS
0221	Introducción a la Ciencia de Polímeros	6
0272	Modelado y Simulación de Procesos Poliméricos	6
0276	Reología y Procesamiento de Polímeros	6
0238	Laboratorio de Polímeros I	3
0239	Laboratorio de Polímeros II	3
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>24</b>

**AREA PAQUETE TERMINAL ECONOMIA Y ADMINISTRACIÓN**

CLAVE	ASIGNATURA	CRÉDITOS
0214	Economía y Administración I	6
0215	Economía y Administración II	6
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>12</b>

Además de estos paquetes terminales la Facultad de Química requiere se cubran 24 créditos de asignaturas Optativas Sociohumanísticas, de las cuales se muestran a continuación las opciones que se ofrecen en la Facultad (Tabla XII).

<b>AREA OPTATIVAS SOCIOHUMANÍSTICAS</b>		
<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>CRÉDITOS</b>
96	Filosofía de la Ciencia	6
97	Fundamentos de Administración	6
98	Fundamentos de Derecho	6
99	Pensamiento y Aprendizaje	6
100	Psicología del Trabajo Humano	6
101	Regiones Socioeconómicas	6
102	Relaciones Humanas	6
103	Teoría de la Organización	6
104	Comunicación Científica	6
1089	Ciencia y Arte I	6
1090	Ciencia y Arte II	6

Con el fin de hacer un comparativo se han formado grupos de asignaturas que ofrece el MIT para cubrir los requerimientos académicos de las asignaturas optativas que el Instituto pide (Tabla XIII), el catálogo completo de las asignaturas que ofrece el MIT se encuentran como anexo de la presente tesis.

<b>NANOTECNOLOGÍA</b>		
<b>TIPO DEPARTAMENTAL PROGRAM</b>		
<b>AREA UNRESTRICTED ELECTIVES</b>		
<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>UNIDADES</b>
3.012	Fundamentals of Materials Science and Engineering	15
2.570	Nano-to-Macro Transport Processes	12
3.091	Introduction to Solid-State Chemistry	12
8.04	Quantum Physics I	12
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>51</b>
	<b>Mínimo requerido</b>	<b>48</b>

<b>TIPO</b>	<b>GIRS</b>
-------------	-------------

<b>AREA</b>	<b>SCIENCE REQUIREMENT</b>
-------------	----------------------------

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>UNIDADES</b>
8.012	Physics I	12
2.370	Molecular Mechanics	12
10.22	Molecular Engineering	12
8.13	Experimental Physics I	18
3.016	Mathematical Methods for Materials	12
	Scientists and Engineers	
3.155J	Micro/Nano Processing Technology	12
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>78</b>

<b>AREA</b>	<b>HUMANITIES, ARTS AND SOCIAL SCIENCE REQUIREMENTS</b>
-------------	---

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>UNIDADES</b>
14.01	Principles of Microeconomics	12
14.02	Principles of Macroeconomics	12
21F.220	Workshop in Written Expression	12
21F.222	Expository Writing for Bilingual Students	12
21F.226	Advanced Workshop in Writing for Science and Engineering	12
STS.003	The Rise of Modern Science	12
STS.011	Ethics and Politics in Science and Technology	12
21W.792	Science Writing Internship	12
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>96</b>

<b>AREA</b>	<b>RESTRICTED ELECTIVES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY (REST)</b>
-------------	--

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>UNIDADES</b>
3.046	Thermodynamics of Materials	12
3.012	Fundamentals of Materials Science and Engineering	15
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>27</b>

<b>AREA</b>	<b>LABORATORY REQUIREMENT</b>
-------------	-------------------------------

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>UNIDADES</b>
22.09	Principles of Nuclear Radiation Measurement and Protection	12
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>12</b>

<b>AREA</b>	<b>COMMUNICATION REQUIREMENT</b>
-------------	--------------------------------------

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>	<b>UNIDADES</b>
17.309J	Science, Technology, and Public Policy	12
21F.226	Advanced Workshop in Writing for Science and Engineering	12
10.26	Chemical Engineering Projects Laboratory	15
3.014	Materials Laboratory	12
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>51</b>

## BIOTECNOLOGÍA

**TIPO DEPARTAMENTAL PROGRAM**

**AREA UNRESTRICTED ELECTIVES**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES
20.110J	Thermodynamics of Biomolecular Systems	12
20.111J	Physical Chemistry of Biomolecular Systems	12
.20.380	Biological Engineering Design	12
.20.320	Analysis of Biomolecular & Cellular Systems	12
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>48</b>
	<b>Mínimo requerido</b>	<b>48</b>

**TIPO GIRS**

**AREA SCIENCE REQUIREMENT**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES
10.28	Laboratorio de Ingeniería Química - Biológica	15
.8.012	Physics I	12
6.021J	Cellular Biophysics	12
20.309J	Instrumentation and Measurement for Biological Systems	12
.8.02	Physics II	12
.7.012	Introductory Biology	12
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>75</b>

**AREA HUMANITIES, ARTS AND SOCIAL**

**SCIENCE REQUIREMENTS**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES
11.025J	D-Lab: Development	12
24.231	Ethics	12
21A.335	Language and Technology	12
21L.450	The Ethics of Leadership	12
21M.675	Dance Theory and Composition	9
21W.785	Communicating with Web-Based Media	12
MAS.110	Fundamentals of Computational Media Design	12
STS.043	Technology and Self: Science, Technology, and Memoir	9
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>90</b>

**AREA RESTRICTED ELECTIVES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY (REST)**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES
6.00	Introduction to Computer Science and Programming	12
10301	Fluid Mechanics	12
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>24</b>

**AREA LABORATORY REQUIREMENT**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES
20.109	Laboratory Fundamentals in Biological Engineering	15
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>15</b>

**AREA COMMUNICATION REQUIREMENT**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES
21W.778	Science Journalism	12
STS.008	Technology and Experience	12
10.26	Chemical Engineering Projects Laboratory	15
10.702J	Introduction to Experimental Biology and Communication	18
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>57</b>

**POLÍMEROS****TIPO DEPARTAMENTAL PROGRAM****AREA UNRESTRICTED ELECTIVES**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES
3.032	Mechanical Behavior of Materials	12
3.044	Materials Processing	12
3.064	Polymer Engineering	12
3.063	Polymer Physics	12
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>48</b>
	<b>Mínimo requerido</b>	<b>48</b>

**TIPO GIRS****AREA SCIENCE REQUIREMENT**

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES
3.016	Mathematical Methods for Materials Scientists and Engineers	12
3.034	Organic and Biomaterials Chemistry	12
5.13	Organic Chemistry II	12
5.43	Advanced Organic Chemistry	12
5.37	Organic and Inorganic Laboratory	4 a 8
10.213	Chemical and Biological Engineering Thermodynamics	12
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>60</b>

<b>AREA HUMANITIES, ARTS AND SOCIAL SCIENCE REQUIREMENTS</b>
--

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES
3.094	Materials in Human Experience	9
17.309	Science, Technology, and Public Policy	12
24.211	Theory of Knowledge	12
24.253	Philosophy of Mathematics	12
21A.340J	Technology and Culture	12
21F.401	German I	12
21F.471	German I - Globalization	9
21W.777	The Science Essay	12
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>90</b>

<b>AREA RESTRICTED ELECTIVES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY (REST)</b>
---

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES
3.012	Fundamentals of Materials Science and Engineering	15
10.333	Introduction to Modeling and Simulation	12
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>27</b>

<b>AREA LABORATORY REQUIREMENT</b>
------------------------------------

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES
10.467	Polymer Science Laboratory	15
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>15</b>

<b>AREA COMMUNICATION REQUIREMENT</b>
---

CLAVE	ASIGNATURA	UNIDADES
21L.016	Learning from the Past: Drama, Science, Performance	12
STS.034	Science Communication: A Practical Guide	12
10.28	Chemical-Biological Engineering Laboratory	15
5.36	Biochemistry and Organic Laboratory	4 a 12
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>43 a 51</b>

Como se puede observar existe una gran diferencia entre la cantidad de asignaturas optativas a cursar entre la Facultad de Química y el MIT. La Facultad de Química requiere de 6 a 10 asignaturas optativas disciplinarias y 4 optativas sociohumanísticas, el MIT requiere alrededor de 16 asignaturas optativas disciplinarias, 12 asignaturas optativas sociohumanísticas, en las cuales se pueden incluir idiomas y 4 de libre elección, esto muestra que el MIT tiene mayor flexibilidad para enfocar en un área de estudio a los alumnos que cursan sus carreras en este Instituto, la ventaja clara del MIT es el conocimiento que se puede

adquirir de forma muy específica en un área o prepararse mejor para las asignaturas del programa departamental, además de estas opciones presentadas como ejemplos de paquetes existe un amplio número de asignaturas a cursar que pueden cubrir los requerimientos del MIT, así como también se pueden cursar asignaturas en un área diferente de conocimiento que no sean enfocadas en el área de la Ingeniería Química se puede tomar como ejemplo todas las asignaturas del área de Filosofía o Artes, en la misma o en otra Institución.

¿Cuál es la diferencia que el MIT tiene con la Facultad de Química?

Los laboratorios y la forma en la que se orienta al estudiante trabajando en los problemas de la industria local, nacional y hasta militar, cubriendo las necesidades que tiene dicha industria con proyectos en los que trabajan los propios estudiantes como proyectos en los que el MIT vincula los laboratorios con el ejercicio del aprendizaje aterrizado directamente en el entorno real logra que cada uno de los estudiantes forme una visión real y práctica de los problemas a resolver.



## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La revolución industrial que comenzó en el siglo XVIII fue el punto de partida de los avances tecnológicos e industriales de los cuales surge la necesidad de una persona que tuviera los conocimientos en el área de química y de ingeniería para resolver problemas, optimizar sistemas, desarrollar tecnología, entre otros, en el área de la naciente industria que sustituyó la fuerza humana por nuevos métodos para utilizar la energía, así como nuevos procesos de producción para sustancias que aumentaron su demanda debido a las exigencias de la industria.

Como efecto de la inyección de capital para el desarrollo e investigación de la tecnología de Gran Bretaña se mostraron los primeros indicios de la Ingeniería Química. Es gracias a George E. Davis quien dicta las “12 conferencias de Manchester” en la década de los 80’s del siglo XIX y es así como se forma el término de Ingeniería Química.

Estados Unidos de América y Alemania siguen los pasos de Gran Bretaña como reacción al interés e inversión en ciencia y tecnología dando como resultado el crecimiento de la industria y el nacimiento y consolidación de la Ingeniería Química como carrera. En Estados Unidos de América, propiamente, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en 1888 es cuando se ofrece por primera vez un plan de estudios organizado por Lewis Mills Norton llamado “*course X*” para lograr esto se integró una mezcla de las clases de las carreras de Química y de Ingeniería Mecánica además de la creación de asignaturas específicas para la profesión. Posteriormente se abrieron cursos con el mismo nombre alrededor del mundo, de esta forma llega a México en 1925 por Estanislao Ramírez Ruiz a la Escuela Nacional de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional con sede en Tacuba.

Como respuesta a las necesidades de estudiar operaciones comunes en diferentes procesos Artur D. Little, también en el MIT pero en el año de 1915, forja el término “Operaciones Unitarias” que son procedimientos físicos de diferentes tipos que intervienen en los procesos y tienen la misma función con distintas condiciones (destilación, filtración, tamizado, evaporación, entre otros) y por lo tanto pueden ser estudiadas como un solo núcleo de conocimiento para ser aplicadas en múltiples procesos. Es de un modo similar que surgen nuevas preguntas al escalar los procesos e irse modificando la interacción humana con los procesos y así salta la barrera de lo empírico y surgen los Fenómenos de Transporte (1960 por Bird, Stewart y Lightfoot), la corriente del Process Systems Engineering en la década de los 60's del siglo XX integra la Termodinámica y cinética multicomponentes, el Diseño y Control de Procesos, el Diseño de plantas, la Ingeniería de Sistemas, también al ponerse al contacto con otros recursos en la industria incluye la Economía, Administración y Humanidades aplicadas a la Ingeniería Química. La Ingeniería Química también evolucionó a favor del futuro por lo que se integra el área ambiental, asimismo el escalamiento de los procesos llevó a integrar la nanotecnología, el crecimiento informático abrió la posibilidad del uso de los ordenadores para el análisis matemático y la comprensión de sistemas de mayor complejidad.

El MIT es actualmente la institución que se ha calificado como la primera y la mejor institución en la enseñanza de la Ingeniería Química, su plan de estudios actual es interactivo e interdisciplinario además de estar formado por un núcleo de ciencias básicas, ciencias aplicadas a la ingeniería y laboratorios, conjuntamente se encuentran un amplio número de posibilidades para las asignaturas optativas en las que se incluye una cantidad significativa de clases del área de humanidades. Se puede señalar que la enseñanza está a cargo de individuos sumamente especializados en el área que imparten la clase, estas son dictadas en forma de conferencias y generalmente existen clases extras de aplicación. Cuentan con una gran infraestructura y contacto directo con la industria a nivel desde local hasta mundial.

La Facultad de Química de la UNAM también está colocada en un lugar muy importante a nivel internacional y como una de las mejores en Latinoamérica en la enseñanza de la Ingeniería Química. Se observa que los planes de estudio que han sido modificados recientemente (Junio del 2005) incluyen un mapa curricular con un tronco común en ciencias, ciencias aplicadas a la ingeniería, actividades curriculares netamente experimentales, un número considerable de opciones de asignaturas optativas, materias curriculares del tipo sociohumanístico, inclusión de una actividad que vincula los conocimientos teóricos y de laboratorio con el campo de trabajo. Además las clases son impartidas por especialistas en el área, se imparten las clases con una mayor profundidad y de forma más personalizada, es por eso que el número de horas clase es mayor.

Por lo anteriormente expuesto se recomienda:

- Seguir flexibilizando el plan de estudios con las asignaturas optativas en la Facultad de Química para que éste se ajuste a las necesidades del alumno.
- Se recomienda a la Facultad de Química hacer una inclusión mayor de asignaturas sociohumanísticas y de comunicación optativas que impulsen al egresado como individuo con conocimiento científico y cultural a tener mejor desenvolvimiento en el área profesional.
- Para que el crecimiento de los egresados sea aún mejor de la Facultad de Química debe buscar la forma de acercarse a la industria, formando grupos de alumnos que trabajen en problemas profesionales directamente en la industria.
- Optimizar el tiempo de clase en la Facultad de Química delegando mayor responsabilidad al alumnado preparándose previamente para las clases.
- Para el MIT recomiendo un núcleo de asignaturas obligatorias de Ingeniería Química y de ciencias básicas más nutrido.
- Para ambas instituciones se recomienda que el alumno así como los asesores den seguimiento de manera responsable a las asignaturas que el alumno cursará a lo largo del estudio de su profesión para evitar el riesgo

de perder el objetivo del aprendizaje y que éste quede sin una aplicación clara y especializada hacia algún campo del conocimiento.

## **ANEXO A**

# **CÁTALOGO DE ASIGNATURAS QUE SE PUEDEN CURSAR EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MASSACHUSETTS**

4.S10 Delhi and Jaisalmer: An Architectural Journey through Two Indian Cities

17.S10 Conversations You Can't Have on Campus: Race, Ethnicity, Gender and Identity

18.S34 Mathematical Problem Solving

20.S02 Common Diseases: Genetic and Environmental Risks

SP.726 Recreate Experiments from History: Inform the Future from the Past

SP.757 Digital and Darkroom Imaging

HST.S11 The Art and Science of Medicine

SEM.089 Starting-Up New Technology-Based Business Enterprises at MIT

1.00 Introduction to Computers and Engineering Problem Solving

1.010 Uncertainty in Engineering

1.011 Project Evaluation

1.013 Senior Civil and Environmental Engineering Design

1.015J Design of Electromechanical Robotic Systems

1.016 Design for Complex Environmental Issues: Building Solutions and Communicating Ideas

1.018J Ecology I: The Earth System

1.020 Ecology II: Engineering for Sustainability

1.021 Introduction to Modeling and Simulation

1.032 Geomaterials and Geomechanics

1.035 Mechanics of Structures and Soils

1.036 Structural and Geotechnical Engineering Design

1.040 Project Management

1.041J Engineering System Design

1.044J Fundamentals of Energy in Buildings

1.050 Engineering Mechanics I  
1.053J Dynamics and Control I  
1.054 Mechanics and Design of Concrete Structures  
1.055 Steel Bridge Competition  
1.056J Building Structural Systems I  
1.058 Structural Dynamics & Vibrations  
1.060 Engineering Mechanics II  
1.061 Transport Processes in the Environment  
1.070J Introduction to Hydrology  
1.071J Global Change Science  
1.080 Environmental Chemistry and Biology  
1.081J Environmental Risks for Common Disease  
1.083 Environmental Health Engineering  
1.084J Systems Microbiology  
1.101 Introduction to Civil and Environmental Engineering Design I  
1.102 Introduction to Civil and Environmental Engineering Design II  
1.106 Environmental Fluid Transport Processes and Hydrology Laboratory  
1.107 Environmental Chemistry and Biology Laboratory  
1.801J Environmental Law, Policy, and Economics: Pollution Prevention and Control  
1.802J Regulation of Chemicals, Radiation, and Biotechnology  
1.991 Special Undergraduate Studies in Civil and Environmental Engineering  
1.991, 1.992 Special Undergraduate Studies in Civil and Environmental Engineering  
1.993 Special Undergraduate Studies in Civil and Environmental Engineering  
1.994 Special Undergraduate Studies in Civil and Environmental Engineering  
1.993-1.995 Special Undergraduate Studies in Civil and Environmental Engineering  
1.999 Undergraduate Studies in Civil and Environmental Engineering  
1.EPE UPOP Summer Practice Experience  
1.EPR UPOP Reflective Learning Experience

1.EPW UPOP IAP Workshop  
1.NIV Visiting Student Research  
1.ThU Undergraduate Thesis  
1.UR Research in Civil and Environmental Engineering  
1.URG Research in Civil and Environmental Engineering  
2.001 Mechanics and Materials I  
2.002 Mechanics and Materials II  
2.003J Dynamics and Control I  
2.004 Dynamics and Control II  
2.005 Thermal-Fluids Engineering I  
2.006 Thermal-Fluids Engineering II  
2.007 Design and Manufacturing I  
2.008 Design and Manufacturing II  
2.009 The Product Engineering Process  
2.00AJ Fundamentals of Engineering Design: Explore Space, Sea and Earth  
2.00B Toy Product Design  
2.016 Hydrodynamics  
2.017J Design of Electromechanical Robotic Systems  
2.019 Design of Ocean Systems  
2.038J The Art of Approximation in Science and Engineering  
2.050J Nonlinear Dynamics I: Chaos  
2.06 Mechanical Vibration  
2.065 Acoustics and Sensing  
2.086 Numerical Computation for Mechanical Engineers  
2.092 Finite Element Analysis of Solids and Fluids I  
2.110J Information, Entropy, and Computation  
2.12 Introduction to Robotics  
2.14 Analysis and Design of Feedback Control Systems  
2.167 Hands-On Marine Robotics  
2.184 Biomechanics and Neural Control of Movement  
2.370 Molecular Mechanics

2.371 Microscale Fluid Mechanics  
2.374J Design and Fabrication of Microelectromechanical Systems  
2.41 Advanced Thermal Fluids Engineering  
2.51 Intermediate Heat and Mass Transfer  
2.570 Nano-to-Macro Transport Processes  
2.60J Fundamentals of Advanced Energy Conversion  
2.612 Marine Power and Propulsion  
2.627 Fundamentals of Photovoltaics  
2.650J Introduction to Sustainable Energy  
2.66J Fundamentals of Energy in Buildings  
2.670 Mechanical Engineering Tools  
2.671 Measurement and Instrumentation  
2.672 Project Laboratory  
2.673J Instrumentation and Measurement for Biological Systems  
2.674 Micro/Nano Engineering Laboratory  
2.71 Optics  
2.72 Elements of Mechanical Design  
2.722J D-Lab: Design  
2.750 Precision Machine Design  
2.752 Development of Mechanical Products  
2.760 Multi-Scale System Design and Manufacturing  
2.772J Thermodynamics of Biomolecular Systems  
2.791J Cellular Biophysics  
2.792J Quantitative Systems Physiology  
2.793J Fields, Forces and Flows in Biological Systems  
2.813 Energy, Materials and Manufacturing  
2.853 Introduction to Manufacturing Systems  
2.96 Management in Engineering  
2.97, 2.971-2.974 Independent Activities  
2.971 Independent Activities  
2.972 Independent Activities



2.973 Independent Activities  
2.974 Independent Activities  
2.979 Undergraduate Teaching  
2.993 Special Topics in Mech Eng  
2.994 Special Topics in Mech Eng  
2.993-2.995 Special Topics in Mechanical Engineering  
2.EPE UPOP Summer Practice Experience  
2.EPR UPOP Reflective Learning Experience  
2.EPW UPOP IAP Workshop  
2.NIV Visiting Student Research  
2.ThU Undergraduate Thesis  
2.UR Undergraduate Research in Mechanical Engineering  
2.URG Undergraduate Research in Mechanical Engineering  
3.003 Principles of Engineering Practice  
3.012 Fundamentals of Materials Science and Engineering  
3.014 Materials Laboratory  
3.016 Mathematical Methods for Materials Scientists and Engineers  
3.021 Introduction to Modeling and Simulation  
3.022 Microstructural Evolution in Materials  
3.024 Electronic, Optical and Magnetic Properties of Materials  
3.032 Mechanical Behavior of Materials  
3.034 Organic and Biomaterials Chemistry  
3.035 Special Problems in Materials Science and Engineering  
3.036 Special Problems in Materials Science and Engineering  
3.035, 3.036, 3.037 Special Problems in Materials Science and Engineering  
3.038 Special Problems in Materials Science and Engineering  
3.039 Special Problems in Materials Science and Engineering  
3.038, 3.039, 3.04 Special Problems in Materials Science and Engineering  
3.042 Materials Project Laboratory  
3.044 Materials Processing  
3.046 Thermodynamics of Materials

3.048 Advanced Materials Processing  
3.051J Materials for Biomedical Applications  
3.052 Nanomechanics of Materials and Biomaterials  
3.053J Molecular, Cellular, and Tissue Biomechanics  
3.063 Polymer Physics  
3.064 Polymer Engineering  
3.07 Introduction to Ceramics  
3.072 Symmetry, Structure and Tensor Properties of Materials  
3.073 Diffraction and Structure  
3.074 Imaging of Materials  
3.080 Economic and Environmental Materials Selection  
3.083J Fundamentals of Advanced Energy Conversion  
3.091 Introduction to Solid-State Chemistry  
3.094 Materials in Human Experience  
3.14 Physical Metallurgy  
3.15 Electrical, Optical, and Magnetic Materials and Devices  
3.153 Nanoscale Materials  
3.155J Micro/Nano Processing Technology  
3.172 Inventions and Patents  
3.930 Industrial Practice  
3.931 Industrial Practice  
3.982 The Ancient Andean World  
3.983 Ancient Mesoamerican Civilization  
3.985J Archaeological Science  
3.986 The Human Past: Introduction to Archaeology  
3.987 Human Origins and Evolution  
3.988 Africa -- Past and Present: An Archaeological and Ethnographic Materials  
Perspective  
3.990 Seminar in Archaeological Method and Theory  
3.993 Archaeology of the Middle East  
3.EPE UPOP Summer Practice Experience

3.EPR UPOP Reflective Learning Experience  
3.EPW UPOP IAP Workshop  
3.NIV Visiting Student Research  
3.ThU Undergraduate Thesis  
3.UR Undergraduate Research  
3.URG Undergraduate Research  
4.001J CityScope  
4.102 Sketching for Architects  
4.108 BSAD Portfolio Workshop  
4.111 Experiencing Architecture Studio  
4.112 Integrated Architecture Design Studio  
4.113 Applied Architecture Design Studio I  
4.114 Applied Architecture Design Studio II  
4.115 Applied Architecture Design Studio III  
4.116 Advanced Architecture Design Studio  
4.119 Preparation for Undergraduate Architecture Design Thesis  
4.122 Workshop in Making and Designing Space  
4.12A Integrated Architecture Design Intensive Studio  
4.170 International Architecture Design Workshop  
4.180 Architectural Design Workshop  
4.191 Spec Prob in Arch Design  
4.191, 4.192 Special Problems in Architectural Design  
4.194 Special Problems in Architectural Design  
4.205 Analysis of Contemporary Architecture  
4.211J The Once and Future City  
4.231 SIGUS Workshop  
4.233 The New Global Planning Practitioner  
4.250J Introduction to Urban Design and Development  
4.280 Undergraduate Architecture Internship  
4.291 Special Problems in Architecture Studies  
4.294 Special Problems in Architecture Studies

4.301 Introduction to Visual Arts  
4.302 Foundations in the Visual Arts and Design for Majors  
4.312 Advanced Studio on the Production of Space  
4.314 Advanced Workshop in Artistic Practice and Transdisciplinary Research  
4.322 Introduction to Three-Dimensional Art Work  
4.330 Introduction to Networked Cultures and Participatory Media  
4.332 Advanced Seminar in Networked Cultures and Participatory Media  
4.341 Introduction to Photography and Related Media  
4.351 Introduction to Video and Related Media  
4.352 Advanced Video and Related Media  
4.366 Advanced Projects in Visual Arts  
4.368 Studio Seminar in Public Art  
4.371 Interrogative Design Workshop  
4.391 Special Problems in Visual Arts  
4.392 Special Problems in Visual Arts  
4.391-4.393 Special Problems in Visual Arts  
4.394 Special Problems in Visual Arts  
4.401 Architectural Building Systems  
4.411 Building Technology Laboratory  
4.42J Fundamentals of Energy in Buildings  
4.440J Building Structural Systems I  
4.472 Design Workshop for a Sustainable Future  
(New)  
4.474 Design for Sustainable Urban Futures  
(New)  
4.494 Special Problems in Building Technology  
4.495 Special Problems in Building Technology  
4.500 Introduction to Design Computing  
4.501 Architectural Computing and Construction  
4.503 Advanced Visualization: Architecture in Motion Graphics  
4.504 Design Scripting (4.502)

4.505 Computation Design Workshop  
4.512 Special Projects in Architectural Digital Fabrication  
4.520 Computational Design I: Theory and Applications  
4.522 Computational Design II: Theory and Applications  
4.550 Workshop in Architectural Computation  
4.550 - 4.551 Workshop in Architectural Computation  
4.590 Special Problems in Architectural Computation  
4.591 Special Problems in Architectural Computation  
4.601 Introduction to Art History  
4.602 Modern Art and Mass Culture  
4.605 Introduction to the History and Theory of Architecture  
4.609 Seminar in the History of Art and Architecture  
4.613 Civic Architecture in Islamic History  
4.614 Religious Architecture and Islamic Cultures  
4.627 Special Problems in Islamic and NonWestern Architecture  
4.635 Renaissance Architecture  
4.641 19th-Century Art  
4.651 Art Since 1940  
4.671 Nationalism, Internationalism, and Globalism in Modern Art  
4.673 Installation Art  
4.691 Special Studies in the History, Theory, and Criticism of Art  
4.694 Special Studies in the History, Theory, and Criticism of Art and Architecture  
4.695 Special Studies in the History, Theory, and Criticism of Architecture and Urban Form  
4.NIV Visiting Student Research  
4.THTJ Thesis Research Design Seminar  
4.ThU Undergraduate Thesis  
4.UR Undergraduate Research in Architecture  
4.URG Undergraduate Research in Architecture  
5.03 Principles of Inorganic Chemistry I  
5.04 Principles of Inorganic Chemistry II

5.07J Biological Chemistry I  
5.08J Biological Chemistry II  
5.111 Principles of Chemical Science  
5.112 Principles of Chemical Science  
5.12 Organic Chemistry I  
5.13 Organic Chemistry II  
5.24J Archaeological Science  
5.301 Chemistry Laboratory Techniques  
5.302 Introduction to Experimental Chemistry  
5.310 Laboratory Chemistry  
5.35 Introduction to Experimental Chemistry  
5.35U Introduction to Experimental Chemistry  
5.36 Biochemistry and Organic Laboratory  
5.36U Biochemistry and Organic Laboratory  
5.37 Organic and Inorganic Laboratory  
5.37U Organic and Inorganic Laboratory  
5.38 Physical Chemistry Laboratory  
5.43 Advanced Organic Chemistry  
5.60 Thermodynamics and Kinetics  
5.61 Physical Chemistry  
5.62 Physical Chemistry  
5.891 Special Topics in Chemistry for Undergraduates  
5.892 Special Topics in Chemistry for Undergraduates  
5.92J Projects in Energy  
5.CME Study at Cambridge University  
5.NIV Visiting Student Research  
5.ThU Undergraduate Thesis  
5.UR Undergraduate Research  
5.URG Undergraduate Research  
6.00 Introduction to Computer Science and Programming  
6.002 Circuits and Electronics

6.003 Signals and Systems  
6.004 Computation Structures  
6.005 Elements of Software Construction  
6.006 Introduction to Algorithms  
6.007 Electromagnetic Energy: From Motors to Lasers  
6.01 Introduction to EECS I  
6.011 Introduction to Communication, Control, and Signal Processing  
6.012 Microelectronic Devices and Circuits  
6.013 Electromagnetics and Applications  
6.02 Introduction to EECS II  
6.021J Cellular Biophysics  
6.022J Quantitative Systems Physiology  
6.023J Fields, Forces and Flows in Biological Systems  
6.024J Molecular, Cellular, and Tissue Biomechanics  
6.033 Computer System Engineering  
6.034 Artificial Intelligence  
6.035 Computer Language Engineering  
6.041 Probabilistic Systems Analysis  
6.042J Mathematics for Computer Science  
6.045J Automata, Computability, and Complexity  
6.046J Design and Analysis of Algorithms  
6.047 Computational Biology: Genomes, Networks, Evolution  
6.048 Computational Evolutionary Biology  
6.050J Information, Entropy, and Computation  
6.055J The Art of Approximation in Science and Engineering  
6.061 Introduction to Electric Power Systems  
6.07J Projects in Microscale Engineering for the Life Sciences  
6.070J Electronics Project Laboratory  
6.071J Electronics, Signals, and Measurement  
6.072J Introduction to Digital Electronics  
6.076-6.079 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science

6.077 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.078 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.076-6.079 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.080 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.081 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.082 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.083 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.084 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.085 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.086 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.087 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.088 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.080-6.089 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.090 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.091 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.092 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.093 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.094 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.095 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.096 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.097 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.098 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.090-6.099 Special Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.100 Electrical Engineering and Computer Science Laboratory  
6.101 Introductory Analog Electronics Laboratory  
6.102 Introductory RF Design Laboratory  
6.111 Introductory Digital Systems Laboratory  
6.115 Microcomputer Project Laboratory  
6.122J Instrumentation and Measurement for Biological Systems  
6.131 Power Electronics Laboratory  
6.141J Robotics: Science and Systems I



6.142J Robotics: Science and Systems II  
6.152J Micro/Nano Processing Technology  
6.161 Modern Optics Project Laboratory  
6.163 Strobe Project Laboratory  
6.172 Performance Engineering of Software Systems  
6.173 Multicore Systems Laboratory  
6.182 Psychoacoustics Project Laboratory  
6.183 Special Laboratory Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.184 Special Laboratory Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.185 Special Laboratory Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.186 Special Laboratory Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.187 Special Laboratory Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.188 Special Laboratory Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.189 Special Laboratory Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.183-6.190 Special Laboratory Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.193 Spec Lab Subj: EE & CS  
6.190?6.194 Special Laboratory Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.195 Special Laboratory Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.196 Special Laboratory Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.193-6.197 Special Laboratory Subjects in Electrical Engineering and Computer Science  
6.207J Networks  
6.502J Introduction to Molecular Simulations  
6.602 Fundamentals of Photonics  
6.608J Introduction to Particle Accelerators  
6.701 Introduction to Nanoelectronics  
6.717J Design and Fabrication of Microelectromechanical Systems  
6.801 Machine Vision  
6.803 The Human Intelligence Enterprise

6.804J Computational Cognitive Science  
6.805 Ethics and the Law on the Electronic Frontier  
6.813 User Interface Design and Implementation  
6.814 Database Systems  
6.815 Digital and Computational Photography  
6.837 Computer Graphics  
6.901 Inventions and Patents  
6.902J Engineering Innovation and Design  
6.910 Special Studies in Electrical Engineering and Computer Science  
6.911 Special Studies in Electrical Engineering and Computer Science  
6.912 Special Studies in Electrical Engineering and Computer Science  
6.913 Special Studies in Electrical Engineering and Computer Science  
6.911-6.914 Special Studies in Electrical Engineering and Computer Science  
6.915 Special Advanced Undergraduate Subjects in Electrical Engineering and  
Computer Science  
6.916 Special Advanced Undergraduate Subjects in Electrical Engineering and  
Computer Science  
6.917 Special Advanced Undergraduate Subjects in Electrical Engineering and  
Computer Science  
6.918 Special Advanced Undergraduate Subjects in Electrical Engineering and  
Computer Science  
6.915-6.919 Special Advanced Undergraduate Subjects in Electrical Engineering  
and Computer Science  
6.920 Practical Work Experience  
6.921 VI-A Internship  
6.922 Advanced VI-A Internship  
6.923 Pre-Graduate VI-A Internship  
6.930 Management in Engineering  
6.CME Study at Cambridge University  
6.EPE UPOP Summer Practice Experience  
6.EPR UPOP Reflective Learning Experience

6.EPW UPOP IAP Workshop  
6.NIV Visiting Student Research  
6.UAP Undergraduate Advanced Project  
6.UAT Preparation for Undergraduate Advanced Project  
6.UR Undergraduate Research in Electrical Engineering and Computer Science  
7.012 Introductory Biology  
7.013 Introductory Biology  
7.014 Introductory Biology  
7.02J Introduction to Experimental Biology and Communication  
7.03 Genetics  
7.05 General Biochemistry  
7.06 Cell Biology  
7.08J Biological Chemistry II  
7.10J Physical Chemistry of Biomolecular Systems  
7.11 Biology Teaching  
7.13 Experimental Microbial Genetics  
7.16 Experimental Molecular Biology: Biotechnology II  
7.17 Experimental Molecular Biology: Biotechnology III  
7.18 Topics in Experimental Biology  
7.19 Communication in Experimental Biology  
7.20J Human Physiology  
7.21 Microbial Physiology  
7.22 Development and Evolution  
7.23 Immunology  
7.24 The Protein Folding Problem  
7.25 Biological Regulatory Mechanisms  
7.26 Molecular Basis of Infectious Disease  
7.27 Principles of Human Disease  
7.28 Molecular Biology  
7.29J Cellular Neurobiology  
7.30J Ecology I: The Earth System

7.31 Current Topics in Mammalian Biology: Medical Implications  
7.32 Systems Biology  
7.340-7.349 Advanced Undergraduate Seminars  
7.341 Advanced Undergraduate Seminars  
7.342 Advanced Undergraduate Seminars  
7.343 Advanced Undergraduate Seminars  
7.344 Advanced Undergraduate Seminars  
7.345 Advanced Undergraduate Seminars  
7.340-7.349 Advanced Undergraduate Seminars  
7.347 Advanced Undergraduate Seminars  
7.348 Advanced Undergraduate Seminars  
7.340-7.349 Advanced Undergraduate Seminars  
7.35 Topics in Metabolic Biochemistry  
7.36 Foundations of Computational and Systems Biology  
7.37J Molecular and Engineering Aspects of Biotechnology  
7.39 Selected Topics in Biology for Undergraduates  
7.391 Special Topics in Biology for Undergraduates  
7.392 Special Topics in Biology for Undergraduates  
7.40 Biotechnology: Engineering of Macromolecules  
7.NIV Visiting Student Research  
7.ThU Thesis  
7.UR Undergraduate Research  
7.URG Undergraduate Research  
8.01 Physics I  
8.011 Physics I  
8.012 Physics I  
8.01L Physics I  
8.02 Physics II  
8.021 Physics II  
8.022 Physics II  
8.03 Physics III

8.033 Relativity  
8.04 Quantum Physics I  
8.044 Statistical Physics I  
8.05 Quantum Physics II  
8.06 Quantum Physics III  
8.07 Electromagnetism II  
8.08 Statistical Physics II  
8.09 Classical Mechanics III  
8.13 Experimental Physics I  
8.14 Experimental Physics II  
8.18 Special Problems in Undergraduate Physics  
8.19 Readings in Physics  
8.20 Introduction to Special Relativity  
8.21 Physics of Energy  
8.223 Classical Mechanics II  
8.224 Exploring Black Holes: General Relativity and Astrophysics  
8.225J Einstein, Oppenheimer, Feynman: Physics in the 20th Century  
8.226 Forty-three Orders of Magnitude  
(New)  
8.231 Physics of Solids I  
8.251 String Theory for Undergraduates  
8.261J Introduction to Computational Neuroscience  
8.276 Nuclear and Particle Physics  
8.277J Introduction to Particle Accelerators  
8.282J Introduction to Astronomy  
8.284 Modern Astrophysics  
8.286 The Early Universe  
8.287J Observational Techniques of Optical Astronomy  
8.292J Fluid Physics  
8.297 Physics of the 21st Century  
8.298 Selected Topics in Physics

8.299 Physics Teaching  
8.ThU Undergraduate Physics Thesis  
8.UR Undergraduate Research  
9.00 Introduction to Psychology  
9.01 Introduction to Neuroscience  
9.02 Systems Neuroscience Laboratory  
9.03 Neural Basis of Learning and Memory  
9.04 Neural Basis of Vision and Audition  
9.05 Neural Basis of Movement  
9.07 Statistics for Brain and Cognitive Science  
9.09J Cellular Neurobiology  
9.10 Cognitive Neuroscience  
9.12 Experimental Molecular Neurobiology  
9.14 Brain Structure and Its Origins  
9.15 Biochemistry and Pharmacology of Synaptic Transmission  
9.18 Developmental Neurobiology  
9.20 Animal Behavior  
9.22J A Clinical Approach to the Human Brain  
9.24J Diseases of the Nervous System  
9.29J Introduction to Computational Neuroscience  
9.31 The Neurophysiology of Memory  
9.34J Sensory and Social Orders  
9.35 Sensation and Perception  
9.37J Anigrafs  
9.41 Topics in Neuroscience and Cognitive Science  
9.48J Philosophical Issues in Brain Science  
9.50 Research in Brain and Cognitive Sciences  
9.51 - 9.52 Topics in Brain and Cognitive Sciences  
9.51?9.52 Topics in Brain and Cognitive Sciences  
9.56J Abnormal Language  
9.57J Language Acquisition

9.59J Psycholinguistics  
9.61 Laboratory in Higher-Level Cognition  
9.63 Laboratory in Visual Cognition  
9.65 Cognitive Processes  
9.66J Computational Cognitive Science  
9.68 Affect: Biological, Psychological, and Social Aspects of "Feelings"  
9.70 Social Psychology  
9.71 Functional MRI of High-Level Vision  
9.75J Psychology of Gender and Race  
9.77 Computational Perception  
9.85 Infant and Early Childhood Cognition  
9.91 Topics in Brain and Cognitive Sciences  
9.92 Topics in Brain and Cognitive Sciences  
9.93 Independent Activities  
9.94 Independent Activities  
9.95 Independent Activities  
9.93 - 9.99 Independent Activities  
9.97 Independent Activities  
9.98 Independent Activities  
9.99 Independent Activities  
9.NIV Visiting Student Research  
9.UR Undergraduate Research  
9.URG Undergraduate Research  
10.04J A Philosophical History of Energy  
10.10 Introduction to Chemical Engineering  
10.191J Projects in Energy  
10.213 Chemical and Biological Engineering Thermodynamics  
10.22 Molecular Engineering  
10.26 Chemical Engineering Projects Laboratory  
10.28 Chemical-Biological Engineering Laboratory  
10.28L Chemical-Biological Engineering Laboratory

10.29 Biological Engineering Projects Laboratory  
10.291J Introduction to Sustainable Energy  
10.301 Fluid Mechanics  
10.302 Transport Processes  
10.32 Separation Processes  
10.333 Introduction to Modeling and Simulation  
10.37 Chemical Kinetics and Reactor Design  
10.420 Molecular Aspects of Chemical Engineering  
10.441J Molecular and Engineering Aspects of Biotechnology  
10.445 Separation Processes for Biochemical Products  
10.450 Process Dynamics, Operations, and Control  
10.467 Polymer Science Laboratory  
10.490 Integrated Chemical Engineering I  
10.491 Integrated Chemical Engineering II  
10.492 Integrated Chemical Engineering Topics I  
10.493 Integrated Chemical Engineering Topics II  
10.494 Integrated Chemical Engineering Topics III  
10.495 Molecular Design and Bioprocess Development of Immunotherapies  
10.499J Tissue Engineering for Analysis, Prevention, and Treatment of Human Disease  
10.702J Introduction to Experimental Biology and Communication  
10.806 Management in Engineering  
10.910 Independent Research Problem  
10.911 Independent Research Problem  
10.94 Special Problems in Chemical Engineering  
10.CME Study at Cambridge University  
10.EPE UPOP Summer Practice Experience  
10.EPR UPOP Reflective Learning Experience  
10.EPW UPOP IAP Workshop  
10.NIV Visiting Student Research  
10.ThU Undergraduate Thesis



10.UR Undergraduate Research  
10.URG Undergraduate Research  
11.001J Introduction to Urban Design and Development  
11.002J Making Public Policy  
11.003J Methods of Policy Analysis  
11.004J CityScope  
11.005 Introduction to International Development  
11.011 The Art and Science of Negotiation  
11.012J The Ancient City  
11.013J American Urban History I  
11.014J American Urban History II  
11.015J Riots, Strikes, and Conspiracies in American History  
11.016J The Once and Future City  
11.019J Migration and Immigration in US History  
11.021J Environmental Law, Policy, and Economics: Pollution Prevention and Control  
11.022J Regulation of Chemicals, Radiation, and Biotechnology  
11.025J D-Lab: Development  
11.026J Downtown  
11.027 City to City: Comparing, Researching and Writing about Cities  
11.122 Society and Environment  
11.123 Big Plans and Mega-Urban Landscapes  
11.124 Introduction to Education: Looking Forward and Looking Back on Education  
11.125 Introduction to Education: Understanding and Evaluating Education  
11.126J Economics of Education  
11.127J Computer Games and Simulations for Investigation and Education  
11.128 Information Technology and the US Labor Market  
11.129 Educational Theory and Practice I  
11.130 Educational Theory and Practice II  
11.131 Education Theory and Practice III  
11.150J Metropolis: A Comparative History of New York City

11.152J The Ghetto: From Venice to Harlem  
11.161J Energy Decisions, Markets, and Policies  
11.162 Politics of Energy and the Environment  
11.163J Law and Society  
11.164J Human Rights in Theory and Practice  
11.165 Infrastructure in Crisis: Energy and Security Challenges  
11.166 Law, Social Movements, and Public Policy: Comparative and International Experience  
11.167 Economic Development and Technological Capabilities  
11.168 Enabling an Energy-Efficient Society  
11.178 IAP Special Studies in Urban Studies and Planning  
11.179 IAP Special Studies in Urban Studies and Planning  
11.178-11.180 IAP Special Studies in Urban Studies and Planning  
11.184 Special Studies in Urban Studies and Planning  
11.185 Special Studies in Urban Studies and Planning  
11.186 Special Studies in Urban Studies and Planning  
11.184-11.187 Special Studies in Urban Studies and Planning  
11.188 Urban Planning and Social Science Laboratory  
11.189 Special Topics in Urban Studies and Planning  
11.190 Special Topics in Urban Studies and Planning  
11.191 Supervised Readings in Urban Studies  
11.192 Special Topics in Urban Studies  
11.193 Special Topics in Urban Studies and Planning  
11.194 Special Topics in Urban Studies and Planning  
11.190-11.195 Special Topics in Urban Studies and Planning  
11.196 Urban Fieldwork and Internships  
11.197, 11.198, 11.199 IAP Special Studies in Urban Studies and Planning  
11.198 IAP Special Studies  
11.197-11.199 IAP Special Studies in Urban Studies and Planning  
11.473J D-Lab: Disseminating Innovations for the Common Good  
11.ThTJ Thesis Research Design Seminar

11.ThU Undergraduate Thesis  
11.UR Undergraduate Research  
11.URG Undergraduate Research  
12.000 Solving Complex Problems  
12.001 Introduction to Geology  
12.002 Physics of the Terrestrial Planets  
12.003 Physics of the Atmosphere and Ocean  
12.005 Applications of Continuum Mechanics to Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences  
12.006J Nonlinear Dynamics I: Chaos  
12.007 Geobiology: History of Life on Earth  
12.008 Classical Mechanics: A Computational Approach  
12.009 Theoretical Environmental Analysis  
12.010 Computational Methods of Scientific Programming  
12.011J Archaeological Science  
12.021 Earth Science, Energy, and the Environment  
12.080 EAPS Undergraduate Seminar  
12.085 Seminar in Environmental Science  
12.086 Modeling Environmental Complexity  
12.090 Special Topics in Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences  
12.091 Special Topics in Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences  
12.092 Special Topics in Geology and Geochemistry  
12.093 Special Topics in Geology and Geochemistry  
12.094 Special Topics in Geophysics  
12.095 Special Topics in Geophysics  
12.096 Special Topics in Atmospheric Science and Oceanography  
12.097 Special Topics in Atmospheric Science and Oceanography  
12.098 Special Topics in Planetary Science  
12.099 Special Topics in Planetary Science  
12.102 Environmental Earth Science  
12.104 Geochemistry of the Earth and Planets

12.108 Structure of Earth Materials  
12.109 Petrology  
12.110 Sedimentary Geology  
12.113 Structural Geology  
12.114 Field Geology I  
12.115 Field Geology II  
12.119 Analytical Techniques for Studying Environmental and Geologic Samples  
12.120 Environmental Earth Science Field Course  
12.141 Electron Microprobe Analysis  
12.158 Molecular Biogeochemistry  
12.159 Sedimentary and Surficial Geology Investigations  
12.163 Geomorphology  
12.170 Essentials of Geology  
12.172 Building Earth-like Planets: From Nebular Gas to Ocean Worlds  
12.201 Essentials of Geophysics  
12.207J Nonlinear Dynamics II: Continuum Systems  
12.213 Alternate Energy Sources  
12.214 Environmental Geophysics  
12.215 Modern Navigation  
12.221 Field Geophysics  
12.222 Field Geophysics Analysis  
12.300J Global Change Science  
12.301 Past and Present Climate  
12.306 Atmospheric Physics and Chemistry  
12.307 Weather and Climate Laboratory  
12.310 An Introduction to Weather Forecasting  
12.320J Introduction to Hydrology  
12.330J Fluid Physics  
12.333 Atmospheric and Ocean Circulations  
12.335 Experimental Atmospheric Chemistry  
12.340 Global Warming Science

12.348J Global Climate Change: Economics, Science, and Policy  
12.400 The Solar System  
12.402J Introduction to Astronomy  
12.409 Hands-On Astronomy: Observing Stars and Planets  
12.410J Observational Techniques of Optical Astronomy  
12.411 Astronomy Field Camp  
12.420 Physics and Chemistry of the Solar System  
12.425 Extrasolar Planets: Physics and Detection Techniques  
12.43J Space Systems Engineering  
12.431J Space Systems Development I  
12.432J Space Systems Development II  
12.IND Independent Study  
12.ThU Undergraduate Thesis  
12.TIP Thesis and Independent Study Preparation  
12.UR Undergraduate Research  
12.URG Undergraduate Research  
14.01 Principles of Microeconomics  
14.02 Principles of Macroeconomics  
14.03 Microeconomic Theory and Public Policy  
14.04 Intermediate Microeconomic Theory  
14.05 Intermediate Applied Macroeconomics  
14.09 Reading Seminar in Economics  
14.10 Reading Seminar in Economics  
14.11 Special Topics in Economics  
14.12 Economic Applications of Game Theory  
14.13 Economics and Psychology  
14.15J Networks  
14.16 Strategy and Information  
14.20 Industrial Organization and Competitive Strategy  
14.21 Health Economics  
14.26 Economics of Incentives: Theory and Applications

14.30 Introduction to Statistical Method in Economics  
14.32 Econometrics  
14.33 Research and Communication in Economics: Topics, Methods, and Implementation  
14.36 Advanced Econometrics  
14.41 Public Finance and Public Policy  
14.42 Environmental Policy and Economics  
14.43J Energy Decisions, Markets, and Policies  
14.44 Energy Economics and Policy  
14.45 Financial Economics  
14.48J Economics of Education  
14.49 Information Technology and the US Labor Market  
14.51 Urban and Regional Economics  
14.54 International Trade  
14.63 The American Labor Force in a Changing Economy  
14.64 Labor Economics and Public Policy  
14.70J Medieval Economic History in Comparative Perspective  
14.71 Economic History of Financial Crises  
14.72 Capitalism and Its Critics  
14.73 The Challenge of World Poverty  
14.74 Foundations of Development Policy  
14.75 Political Economy and Economic Development  
14.NIV Visiting Student Research  
14.ThU Thesis  
14.UR Undergraduate Research  
14.URG Undergraduate Research  
15.026J Global Climate Change: Economics, Science, and Policy  
15.031J Energy Decisions, Markets, and Policies  
15.053 Optimization Methods in Management Science  
15.075 Statistical Thinking and Data Analysis  
15.279 Management Communication for Undergraduates

15.301 Managerial Psychology Laboratory  
15.305 Leadership and Management  
15.354 Innovation and Entrepreneurship: How to Do It  
15.501 Corporate Financial Accounting  
15.568 Management of Information Systems  
15.664 Careers, Leadership, and Negotiations in the New Economy  
15.668 People and Organizations  
15.670 Leadership and Change  
15.812 Marketing Management  
15.950 Special Studies in Management  
15.951 Special Studies in Management  
15.952 Special Seminars in Management  
15.953 Special Seminars in Management  
15.954 Special Seminars in Management  
15.955 Special Seminars in Management  
15.956 Special Seminars in Management  
15.957 Special Seminars in Management  
15.958 Special Seminars in Management  
15.952-15.959 Special Seminars in Management  
15.UR Undergraduate Research in Management  
15.URG Undergraduate Studies in Management  
16.00 Introduction to Aerospace and Design  
16.001 Unified Engineering I  
16.002 Unified Engineering II  
16.003 Unified Engineering III  
16.004 Unified Engineering IV  
16.00AJ Fundamentals of Engineering Design: Explore Space, Sea and Earth  
16.06 Principles of Automatic Control  
16.07 Dynamics  
16.100 Aerodynamics  
16.101 Special Subject in Fluids and Propulsion

16.20 Structural Mechanics  
16.201 Special Subject in Materials and Structures  
16.202 Manufacturing with Advanced Composite Materials  
16.30 Feedback Control Systems  
16.301 Special Subject in Control, Dynamics and Automation  
16.35 Real-Time Systems and Software  
16.36 Communication Systems and Networks  
16.400 Human Factors Engineering  
16.401 Special Subject in Communication and Software  
16.405J Robotics: Science and Systems I  
16.406J Robotics: Science and Systems II  
16.410 Principles of Autonomy and Decision Making  
16.50 Introduction to Propulsion Systems  
16.621 Experimental Projects I  
16.622 Experimental Projects II  
16.64 Flight Measurement Laboratory  
16.652 Inventions and Patents  
16.653 Management in Engineering  
16.660J Introduction to Lean Six Sigma Methods  
16.680 Undergraduate Special Project  
16.681 Special Projects  
16.682 Selected Topics in Aeronautics and Astronautics  
16.683 Aeronautics and Astronautics Seminars  
16.687 Selected Topics in Aeronautics and Astronautics  
16.810J Engineering Design and Rapid Prototyping  
16.82 Flight Vehicle Engineering  
16.821 Flight Vehicle Development  
16.83J Space Systems Engineering  
16.831J Space Systems Development I  
16.832J Space Systems Development II  
16.835 January Operation Internship Experience at Kennedy Space Center (JOIE)



16.90 Computational Methods in Aerospace Engineering  
16.EPE UPOP Summer Practice Experience  
16.EPR UPOP Reflective Learning Experience  
16.EPW UPOP IAP Workshop  
16.UR Undergraduate Research  
16.URG Undergraduate Research  
17.007J Feminist Political Thought  
17.01J Justice  
17.021J Philosophy of Law  
17.03 Introduction to Political Thought  
17.045J Power: Interpersonal, Organizational and Global Dimensions  
17.115 International Political Economy  
17.125 The Politics of Global Financial Relations  
17.135 Comparative Politics of Business-Government Relations  
17.145 Political Economy of Technology and Development in Brazil and Mexico  
17.181 Sustainability: Political Economy, Science, and Policy  
17.195 Globalization  
17.199J Working in a Global Economy  
17.20 Introduction to the American Political Process  
17.243 Media Politics  
17.249J Law and Society  
17.251 Congress and the American Political System I  
17.261 Congress and the American Political System II  
17.263 Electoral Politics, Public Opinion, and Democracy  
17.265 Public Opinion and American Democracy  
17.28J The War at Home: American Politics and Society in Wartime  
17.281 Public Opinion and Foreign Policy  
17.30J Making Public Policy  
17.303J Methods of Policy Analysis  
17.307 American Public Policy for Washington Interns  
17.309J Science, Technology, and Public Policy

17.311 Politics, Race, and Science  
17.315 Health Policy  
17.317 U. S. Social Policy  
17.391J Human Rights in Theory and Practice  
17.393J Environmental Law, Policy, and Economics: Pollution Prevention and Control  
17.40 American Foreign Policy: Past, Present, and Future  
17.405 Seminar on Politics and Conflicts in the Middle East  
17.407 Chinese Foreign Policy  
17.411 Globalization, Migration, and International Relations  
17.42 Causes and Prevention of War  
17.433 International Relations of East Asia  
17.441 International Politics and Climate Change  
17.447 Cyberpolitics in International Relations  
17.473 The Politics of WMD Proliferation  
17.475J Nuclear Forces and Missile Defenses  
17.477J Technology and Policy of Weapons Systems  
17.483 US Military Power  
17.50 Introduction to Comparative Politics  
17.509 Social Movements in Comparative Perspective  
17.515 Comparative Electoral Politics  
17.517 Participation in Public Life  
17.523 Ethnic Conflict in World Politics  
17.537 Politics and Policy in Contemporary Japan  
17.541 Japanese Politics and Society  
17.543 Japanese Politics and Society  
17.547 The Rise of China  
17.55J Introduction to Latin American Studies  
17.551 Political Economy of Chinese Reform  
17.559 Comparative Security and Sustainability  
17.561 European Politics

17.565 Israel: History, Politics, Culture, and Identity  
17.57J Soviet and Post-Soviet Politics and Society: 1917 to the Present  
17.811 Game Theory and Political Theory  
17.869 Political Science Scope and Methods  
17.871 Political Science Laboratory  
17.901 Political Science Internship and Research  
17.902 Political Science Internship and Research  
17.903 Community Service: Experience and Reflection  
17.905 Reading Seminar in Social Science  
17.906 Reading Seminar in Social Science  
17.907 Reading Seminar in Social Science  
17.908 Reading Seminar in Social Science  
17.909 Reading Seminar in Social Science  
17.910 Reading Seminar in Social Science  
17.905?17.911 Reading Seminar in Social Science  
17.912 Special Topics in Political Science  
17.914 Special Topics in Political Science  
17.916 Special Topics in Political Science  
17.917 Special Topics in Political Science  
17.918 Special Topics in Political Science  
17.912, 17.914, 17.916?919 Special Topics in Political Science  
17.920 Special Topics in Political Science  
17.921J Independent International Research Project  
17.ThT Thesis Research Design Seminar  
17.ThU Undergraduate Political Science Thesis  
17.UR Undergraduate Research  
17.URG Undergraduate Research  
18.01 Calculus  
18.014 Calculus with Theory  
18.01A Calculus  
18.02 Calculus

18.022 Calculus  
18.023 Calculus with Applications  
18.024 Calculus with Theory  
18.02A Calculus  
18.03 Differential Equations  
18.034 Differential Equations  
18.036 Differential Equations  
18.04 Complex Variables with Applications  
18.05 Introduction to Probability and Statistics  
18.06 Linear Algebra  
18.062J Mathematics for Computer Science  
18.095 Mathematics Lecture Series  
18.098 Independent Activities  
18.099 Independent Activities  
18.100A Real Analysis  
18.100B Real Analysis  
18.100C Real Analysis  
18.101 Analysis and Manifolds  
18.102 Introduction to Functional Analysis  
18.103 Fourier Analysis-Theory and Applications  
18.104 Seminar in Analysis  
18.112 Functions of a Complex Variable  
18.152 Introduction to Partial Differential Equations  
18.303 Linear Partial Differential Equations: Analysis and Numerics  
18.304 Undergraduate Seminar in Discrete Mathematics  
18.310 Principles of Applied Mathematics  
18.311 Principles of Applied Mathematics  
18.312 Algebraic Combinatorics  
18.314 Combinatorial Analysis  
18.330 Introduction to Numerical Analysis  
18.353J Nonlinear Dynamics I: Chaos

18.354J Nonlinear Dynamics II: Continuum Systems  
18.384 Undergraduate Seminar in Physical Mathematics  
18.400J Automata, Computability, and Complexity  
18.410J Design and Analysis of Algorithms  
18.424 Seminar in Information Theory  
18.433 Combinatorial Optimization  
18.434 Seminar in Theoretical Computer Science  
18.440 Probability and Random Variables  
18.443 Statistics for Applications  
18.504 Seminar in Logic  
18.510 Introduction to Mathematical Logic and Set Theory  
18.511 Introduction to Computability and Undecidability  
18.700 Linear Algebra  
18.701 Algebra I  
18.702 Algebra II  
18.703 Modern Algebra  
18.704 Seminar in Algebra  
18.712 Introduction to Representation Theory  
18.721 Introduction to Algebraic Geometry  
18.781 Theory of Numbers  
18.782 Introduction to Arithmetic Geometry  
18.784 Seminar in Number Theory  
18.821 Project Laboratory in Mathematics  
18.901 Introduction to Topology  
18.904 Seminar in Topology  
18.950 Differential Geometry  
18.952 Theory of Differential Forms  
18.994 Seminar in Geometry  
18.CME Study at Cambridge University  
18.ThU Thesis  
18.UR Undergraduate Research

20.020 Introduction to Biological Engineering Design  
20.102 Macroeconomics and Population Genetics  
20.104J Environmental Risks for Common Disease  
20.106J Systems Microbiology  
20.109 Laboratory Fundamentals in Biological Engineering  
20.110J Thermodynamics of Biomolecular Systems  
20.111J Physical Chemistry of Biomolecular Systems  
20.309J Instrumentation and Measurement for Biological Systems  
20.310J Molecular, Cellular, and Tissue Biomechanics  
(2.797)  
20.320 Analysis of Biomolecular & Cellular Systems  
20.330J Fields, Forces and Flows in Biological Systems  
20.340J Materials for Biomedical Applications  
20.342 Molecular Structure of Biological Materials  
20.360J Tissue Engineering for Analysis, Prevention, and Treatment of Human  
Disease  
20.361J Molecular and Engineering Aspects of Biotechnology  
20.370J Cellular Biophysics  
20.371J Quantitative Systems Physiology  
20.380 Biological Engineering Design  
20.385 Understanding Current Research in Synthetic Biology  
20.390 Foundations of Computational and Systems Biology  
20.507J Biological Chemistry I  
20.901 Special Topics in Toxicology and Environmental Health  
20.902 Special Topics in Biological Engineering  
20.920 Practical Work Experience  
20.EPW UPOP IAP Workshop  
20.NIV Visiting Student Research  
20.UR Undergraduate Research Opportunities  
20.URG Undergraduate Research Opportunities  
20.URN Undergraduate Research

21.ThT Humanities Pre-Thesis Tutorial  
21.ThU Undergraduate Thesis in Humanities  
21.UR Research in Humanities  
21.URG Research in Humanities  
22.00 Introduction to Modeling and Simulation  
22.01 Introduction to Ionizing Radiation  
22.011 Seminar in Nuclear Science and Engineering  
22.012 Seminar in Fusion and Plasma Physics  
22.013 Applications of Radiation Science and Technology in Biomedical Research  
22.02 Introduction to Applied Nuclear Physics  
22.033 Nuclear Systems Design Project  
22.05 Neutron Science and Reactor Physics  
22.055 Radiation Biophysics  
22.058 Radiation Systems Engineering and Tomographic Imaging  
22.06 Engineering of Nuclear Systems  
22.070 Materials for Nuclear Applications  
22.071J Electronics, Signals, and Measurement  
22.081J Introduction to Sustainable Energy  
22.09 Principles of Nuclear Radiation Measurement and Protection  
22.091 Special Topics in Nuclear Science and Engineering  
22.093 Special Topics in Nuclear Science and Engineering  
22.094 Special Topics in Nuclear Science and Engineering  
22.EPE UPOP Summer Practice Experience  
22.EPR UPOP Reflective Learning Experience  
22.EPW UPOP IAP Workshop  
22.NIV Visiting Student Research  
22.ThT Undergraduate Thesis Tutorial  
22.ThU Undergraduate Thesis  
22.UR Undergraduate Research Opportunities Program  
22.URG Undergraduate Research Opportunities Program  
24.00 Problems of Philosophy

24.01 Classics of Western Philosophy  
24.02 Moral Problems and the Good Life  
24.04J Justice  
24.06J Bioethics  
24.08J Philosophical Issues in Brain Science  
24.09 Minds and Machines  
24.111 Philosophy of Quantum Mechanics  
24.112 Space, Time, and Relativity  
24.114J A Philosophical History of Energy  
24.118 Paradox and Infinity  
24.120 Moral Psychology  
24.201 Topics in the History of Philosophy  
24.209 Philosophy in Film and Other Media  
24.211 Theory of Knowledge  
24.213 Philosophy of Film  
24.214 Introduction to Philosophy of the Arts  
24.215 Topics in the Philosophy of Science  
24.221 Metaphysics  
24.222 Decisions, Games and Rational Choice  
24.231 Ethics  
24.235J Philosophy of Law  
24.237 Feminist Theory  
24.241 Logic I  
24.242 Logic II  
24.243 Classical Set Theory  
24.244 Modal Logic  
24.245 Theory of Models  
(New)  
24.251 Introduction to Philosophy of Language  
24.253 Philosophy of Mathematics  
24.260 Topics in Philosophy



24.263 The Nature of Creativity  
24.280 Foundations of Probability  
24.292 Special Topics in Philosophy  
24.293 Special Topics in Philosophy  
24.900 Introduction to Linguistics  
24.901 Language and Its Structure I: Phonology  
24.902 Language and Its Structure II: Syntax  
24.903 Language and Its Structure III: Semantics and Pragmatics  
24.904J Language Acquisition  
24.905J Psycholinguistics  
24.906J The Linguistic Study of Bilingualism  
24.907J Abnormal Language  
24.908 Creole Languages and Caribbean Identities  
24.909 Field Methods in Linguistics  
24.910 Advanced Topics in Linguistic Analysis  
24.912J Black Matters: Introduction to Black Studies  
24.914 Language Variation and Change  
24.915 Linguistic Phonetics  
24.918 Workshop in Linguistic Research  
24.919 Special Undergraduate Topics in Linguistics  
24.NIV Visiting Student Research  
24.UR Undergraduate Research  
24.URG Undergraduate Research  
AS.101 The Foundations of the United States Air Force  
AS.102 The Foundations of the United States Air Force  
AS.111 Leadership Laboratory  
AS.112 Leadership Laboratory  
AS.201 The Evolution of USAF Air and Space Power  
AS.202 The Evolution of USAF Air and Space Power  
AS.211 Leadership Laboratory  
AS.212 Leadership Laboratory

AS.301 Air Force Leadership Studies  
AS.302 Air Force Leadership Studies  
AS.311 Leadership Laboratory  
AS.312 Leadership Laboratory  
AS.401 National Security Affairs/Preparation for Active Duty  
AS.402 National Security Affairs/Preparation for Active Duty  
AS.411 Leadership Laboratory  
AS.412 Leadership Laboratory  
AS.511 Leadership Laboratory  
AS.512 Leadership Laboratory  
MS.101 Leadership and Personal Development  
MS.102 Introduction to Tactical Leadership  
MS.201 Innovative Team Leadership  
MS.202 Foundations of Tactical Leadership  
MS.301 Adaptive Team Leadership  
MS.302 Leadership in Changing Environments  
MS.311 Leadership Laboratory I  
MS.312 Leadership Laboratory II  
MS.401 Developing Adaptive Leaders  
MS.402 Leadership in a Complex World  
MS.411 Advanced Leadership Laboratory I  
MS.412 Advanced Leadership Laboratory II  
NS.100 Naval Science Leadership Seminar  
NS.101 Introduction to Naval Science  
NS.102 Naval Ships Systems  
NS.200 Naval Science Leadership Seminar  
NS.201 Naval Weapons Systems  
NS.202 Seapower and Maritime Affairs  
NS.300 Naval Science Leadership Seminar  
NS.301 Coastal Piloting and Celestial Navigation  
NS.302 Navigation and Naval Operations

NS.310 Evolution of Warfare  
NS.400 Naval Science Leadership Seminar  
NS.401 Leadership and Management I  
NS.402 Leadership and Ethics  
NS.410 Evolution of Expeditionary Doctrine  
21A.100 Introduction to Anthropology  
21A.109 How Culture Works  
21A.113J The Supernatural in Music, Literature and Culture  
21A.114J Black Matters: Introduction to Black Studies  
21A.212 Myth, Ritual, and Symbolism  
21A.215 Disease and Health: Culture, Society, and Ethics  
21A.216J Dilemmas in Biomedical Ethics: Playing God or Doing Good?  
21A.218J Identity and Difference  
21A.219J Law and Society  
21A.225J Violence, Human Rights, and Justice  
21A.226 Ethnic and National Identity  
21A.232J Rethinking the Family, Sex, and Gender  
21A.235 American Dream: Exploring Class in the US  
21A.238 Urban Cultures  
21A.245J Power: Interpersonal, Organizational and Global Dimensions  
21A.252 Memory, Culture, and Forgetting  
21A.253 Religion, Violence, and Media  
21A.265 Food and Culture  
21A.270 Anthropology through Speculative Fiction  
21A.275 Fun and Games: Cross-Cultural Perspectives  
21A.278 Cultures of Sport  
21A.330 Reproductive Politics and Technologies  
21A.335 Language and Technology  
21A.337 Documenting Culture  
21A.339J DV Lab: Documenting Science through Video and New Media  
21A.340J Technology and Culture

21A.341J Energy Decisions, Markets, and Policies  
21A.342 Environmental Struggles  
21A.344J Drugs, Politics, and Culture  
21A.345 The Politics of International Development  
21A.348 Photography and Truth  
21A.355J The Anthropology of Biology  
21A.360J The Anthropology of Sound  
21A.370J Art, Craft, Science  
21A.385 Becoming Experts  
21A.390J People and Other Animals  
21A.430J Introduction to Latin American Studies  
21A.470J Gender and Representation of Asian Women  
21A.510 Seminar in Anthropological Theory  
21A.512 Seminar in Ethnography and Fieldwork  
21A.650 - 21A.652 Special Topics in Anthropology  
21A.650 - 21A.652 Special Topics in Anthropology  
21A.650 - 21A.652 Special Topics in Anthropology  
21A.660-21A.664 Special Seminars in Anthropology  
21A.660-21A.664 Special Seminars in Anthropology  
21A.660-21A.664 Special Seminars in Anthropology  
21A.660-21A.664 Special Seminars in Anthropology  
21A.660-21A.664 Special Seminars in Anthropology  
21A.ThT Anthropology Pre-Thesis Tutorial  
21A.ThU Undergraduate Thesis in Anthropology  
21A.UR Undergraduate Research  
21A.URG Undergraduate Research  
21F.010 Introduction to European and Latin American Fiction  
21F.011 Topics in Indian Popular Culture  
21F.019 Communicating Across Cultures  
21F.022J International Women's Voices  
21F.024J The Linguistic Study of Bilingualism

21F.027J Asia in the Modern World: Images and Representations  
21F.029 Exploring Identity through Asian American Literature  
21F.030 East Asian Culture: From Zen to Pop  
21F.035 Topics in Culture and Globalization  
21F.036 Advertising and Popular Culture: East Asian Perspectives  
21F.038 The Cultural Politics of Contemporary China  
21F.039 Japanese Popular Culture  
21F.040 A Passage to India: Introduction to Modern Indian Culture and Society  
21F.043J Introduction to Asian American Studies: Historical and Contemporary Issues  
21F.044 Classics of Chinese Literature in Translation  
21F.046 Modern Chinese Fiction and Cinema  
21F.052 French Film Classics  
21F.055 Media in Weimar and Nazi Germany  
21F.059 Paradigms of European Thought and Culture  
21F.060 Topics in Media and Cultural Studies  
21F.063 Anime: Transnational Media and Culture  
21F.064 Introduction to Japanese Culture  
21F.065 Japanese Literature and Cinema  
21F.069J Race and Gender in Asian America  
21F.076 Globalization: The Good, the Bad and the In-Between  
21F.080 Masterpieces of Hispanic Culture  
21F.084J Introduction to Latin American Studies  
21F.098J Working in a Global Economy  
21F.099J Independent International Research Project  
21F.101 Chinese I (Regular)  
21F.102 Chinese II (Regular)  
21F.103 Chinese III (Regular)  
21F.104 Chinese IV (Regular)  
21F.105 Chinese V (Regular): Discovering Chinese Cultures and Societies  
21F.106 Chinese VI (Regular): Discovering Chinese Cultures and Societies

21F.107 Chinese I (Streamlined)  
21F.108 Chinese II (Streamlined)  
21F.109 Chinese III (Streamlined)  
21F.110 Chinese IV (Streamlined)  
21F.113 Chinese V (Streamlined)  
21F.171 Chinese I (Regular) - Globalization  
21F.173 Chinese III (Regular) - Globalization  
21F.175 Chinese V (Regular) - Globalization  
21F.181 Chinese I (Streamlined) - Globalization  
21F.183 Chinese III (Streamlined) - Globalization  
21F.185 Chinese V (Streamlined) - Globalization  
21F.190 Advertising and Popular Culture: East Asian Perspectives  
21F.192 Modern Chinese Fiction and Cinema  
21F.193 East Asian Culture: From Zen to Pop  
21F.194 The Cultural Politics of Contemporary China  
21F.195 Classics of Chinese Literature in Translation  
21F.199 Chinese Youths and Web Culture  
21F.218 Workshop in Strategies for Effective Teaching (ELS)  
21F.220 Workshop in Written Expression (ELS)  
21F.222 Expository Writing for Bilingual Students  
21F.223 Listening, Speaking and Pronunciation (ELS)  
21F.226 Advanced Workshop in Writing for Science and Engineering (ELS)  
21F.228 Advanced Workshop in Writing for Social Sciences and Architecture (ELS)  
21F.233 Advanced Speaking and Critical Listening Skills (ELS)  
21F.301 French I  
21F.302 French II  
21F.303 French III  
21F.304 French IV  
21F.306 French: Communication Intensive I  
21F.307 French: Communication Intensive II  
21F.308 Writing (Like the) French

21F.310 French Conversation: Intensive Practice  
21F.311 Introduction to French Culture  
21F.312 Basic Themes in French Literature and Culture  
21F.315 Cross-cultural Perspectives on Contemporary French Society  
21F.320 Introduction to French Literature  
21F.345 Contemporary French Theater: Traditions and New Trends  
21F.346 Topics in Modern French Literature and Culture  
21F.371 French I - Globalization  
21F.372 French II - Globalization  
21F.373 French III - Globalization  
21F.374 French IV - Globalization  
21F.401 German I  
21F.402 German II  
21F.403 German III  
21F.404 German IV  
21F.405 Germany Today: Intensive Study of German Language and Culture  
21F.406 German: Communication Intensive I  
21F.407 German: Communication Intensive II  
21F.409 Opening the Text: Performing in German  
21F.410 Professional Communication in German  
21F.412 Texts, Topics, and Times in German Literature  
21F.414 German Culture, Media, and Society  
21F.415 Germany and its European Context  
21F.416 20th- and 21st-Century German Literature  
21F.420 Visual Histories: German Cinema 1945 to Present  
21F.422 Advanced Practicum in German (Study Abroad)  
21F.471 German I - Globalization  
21F.472 German II - Globalization  
21F.473 German III - Globalization  
21F.474 German IV - Globalization  
21F.501 Japanese I

21F.502 Japanese II  
21F.503 Japanese III  
21F.504 Japanese IV  
21F.505 Japanese V  
21F.506 Japanese VI  
21F.514 Linguistic Theory and Japanese Language  
21F.562 Intermediate Japanese I: Very Fast Track  
21F.563 Intermediate Japanese II: Very Fast Track  
21F.571 Japanese I - Globalization  
21F.573 Japanese III - Globalization  
21F.575 Japanese V - Globalization  
21F.590 Asia in the Modern World: Images and Representations  
21F.591 Japanese Popular Culture  
21F.592 Introduction to Japanese Culture  
21F.593 Japanese Literature and Cinema  
21F.596 Anime: Transnational Media and Culture  
21F.601 Italian I  
21F.701 Spanish I  
21F.702 Spanish II  
21F.703 Spanish III  
21F.704 Spanish IV  
21F.705 Oral Communication in Spanish  
21F.708 Spanish: Communication Intensive I  
21F.709 Spanish: Communication Intensive II  
21F.711 Advanced Spanish Conversation and Composition: Perspectives on  
Technology and Culture  
21F.712 Spanish Conversation and Composition  
21F.713 Hispanic Visual Arts, Literature, and Film  
21F.714 Spanish for Bilingual Students  
21F.716 Introduction to Contemporary Hispanic Literature and Film  
21F.717 Introduction to Spanish Culture



21F.721 The Novelist as Witness: Science and Imagination in 20th-Century Spain  
21F.730 Twentieth and Twenty-First Century Hispanic American Literature  
21F.731 Creation of a Continent: Representations of Hispanic America, 1492-1898, in Literature and Film  
21F.735 Advanced Topics in Hispanic Literature and Film  
21F.736 The Short Story in Spain and Hispanic America  
21F.738 Literature and Social Conflict: Perspectives on Modern Spain  
21F.740 The New Spain: 1977-Present  
21F.771 Spanish I - Globalization  
21F.772 Spanish II - Globalization  
21F.773 Spanish III - Globalization  
21F.774 Spanish IV - Globalization  
21F.782 Spanish II (Study Abroad)  
21F.792 Spanish Conversation and Composition - Globalization  
21F.801 Portuguese I  
21F.802 Portuguese II  
21F.803 Portuguese III  
21F.804 Portuguese IV  
21F.880 Accelerated Introductory Portuguese for Spanish Speakers  
21F.910 Special Topics in Foreign Languages and Literatures  
21F.911 Special Topics in Foreign Languages and Literatures  
21F.ThT FL&L Pre-Thesis Tutorial  
21F.UR Undergraduate Research  
21F.URG Undergraduate Research  
21H.001 How to Stage a Revolution  
21H.007J Empire: Introduction to Ancient and Medieval Studies  
21H.101 American History to 1865  
21H.102 American History since 1865  
21H.104J Riots, Strikes, and Conspiracies in American History  
21H.105 American Classics  
21H.106J Black Matters: Introduction to Black Studies

21H.112 The American Revolution  
21H.115 Christianity in America  
21H.116J The Civil War and Reconstruction  
21H.117 The Black Radical Tradition in America  
21H.126 America in Depression and War  
21H.131 The United States in the Nuclear Age: Politics, Culture, and Society Since 1941  
21H.150J Introduction to Asian American Studies: Historical and Contemporary Issues  
21H.153J Race and Gender in Asian America  
21H.206 American Consumer Culture  
21H.207 The Energy Crisis: Past and Present  
21H.221J Migration and Immigration in US History  
21H.222J The War at Home: American Politics and Society in Wartime  
21H.223 War and American Society  
21H.224 Constitutional Law in US History  
21H.225J Gender and the Law in US History  
21H.231J American Urban History I  
21H.232J American Urban History II  
21H.234J Downtown  
21H.235J Metropolis: A Comparative History of New York City  
21H.301 The Ancient World: Greece  
21H.302 The Ancient World: Rome  
21H.303 Early Christianity  
21H.306 The Medieval World: 200-1500  
21H.308 The Vikings  
21H.309 Charlemagne: Emperor of Europe  
21H.311 The Renaissance: 1300-1600  
21H.342 The Royal Family  
21H.346 France 1660-1815: Enlightenment, Revolution, Napoleon  
21H.402 The Making of a Roman Emperor

21H.405J The Ancient City

21H.406 Julius Caesar and the Fall of the Roman Republic

21H.416J Medieval Economic History in Comparative Perspective

21H.418 From Print to Digital: Technologies of the Word, 1450-Present

21H.421 Introduction to Environmental History

21H.433 The Age of Reason: Europe in the 18th and the 19th Centuries

21H.466 Imperial and Revolutionary Russia: Culture and Politics

21H.467J Soviet and Post-Soviet Politics and Society: 1917 to the Present

21H.501 Traditional China: Earliest Times to 1644

21H.502 Modern China: 1644 to the Present

21H.515 Shanghai as Model, Measure, and Metaphor for China's Modernization

21H.571 History of Modern South Asia

21H.573 Religion and Politics in Modern South Asia

21H.575J Women in South Asia from 1800 to Present

21H.577J Film, Fiction, and History in India, 1905-2005

21H.579 Gandhi's India

21H.601 Islam, the Middle East, and the West

21H.615 The Middle East in the Twentieth Century

21H.621 Nation, Faith, and Gender in the Modern Middle East

21H.631 Palestine and the Arab-Israeli Conflict

21H.802 Latin America: Revolution, Dictatorship, and Democracy, 1850 to Present

21H.909J People and Other Animals

21H.912 The World Since 1492

21H.913J Making the Modern World: The Industrial Revolution in Global Perspective

21H.914 Jewish History from Biblical to Modern Times

21H.916J The Ghetto: From Venice to Harlem

21H.917J Asia in the Modern World: Images and Representations

21H.931 Seminar in Historical Methods

21H.932 Special Topics in History

21H.933 Special Topics in History

21H.ThT History Pre-Thesis Tutorial  
21H.ThU History Thesis  
21H.UR Undergraduate Research  
21H.URG Undergraduate Research  
21L.000J Writing About Literature  
21L.001 Foundations of Western Culture: Homer to Dante  
21L.002 Foundations of Western Culture: The Making of the Modern World  
21L.003 Reading Fiction  
21L.004 Reading Poetry  
21L.005 Introduction to Drama  
21L.006 American Literature  
21L.007 World Literatures  
21L.008J Black Matters: Introduction to Black Studies  
21L.009 Shakespeare  
21L.010 Writing with Shakespeare  
21L.011 The Film Experience  
21L.012 Forms of Western Narrative  
21L.013J The Supernatural in Music, Literature and Culture  
21L.014J Empire: Introduction to Ancient and Medieval Studies  
21L.016 Learning from the Past: Drama, Science, Performance  
21L.017 The Art of the Probable  
21L.220 Literary Studies: The Legacy of England  
21L.285 Modern Fiction  
21L.286 Modern Drama  
21L.310 Bestsellers  
21L.315 Prizewinners  
21L.320 Big Books  
21L.325 Small Wonders  
21L.330 Latin I  
21L.335 Latin II  
21L.420 Literary Studies: The Legacy of England

21L.421 Comedy  
21L.422 Tragedy  
21L.423J Folk Music of the British Isles and North America  
21L.430 Popular Culture and Narrative  
21L.432 Understanding Television  
21L.433 Film Styles and Genres  
21L.434 Science Fiction and Fantasy  
21L.435 Literature and Film  
21L.448J Darwin and Design  
21L.449 Literature and the Environment  
21L.450 The Ethics of Leadership  
21L.451 Introduction to Literary Theory  
21L.455 Classical Literature  
21L.458 The Bible  
21L.460 Medieval Literature  
21L.463 Renaissance Literature  
21L.470 Eighteenth-Century Literature  
21L.471 Major English Novels  
21L.472 Major European Novels  
21L.473J Jane Austen  
21L.476 Romantic Poetry  
21L.481 Victorian Literature and Culture  
21L.485 Modern Fiction  
21L.486 Modern Drama  
21L.487 Modern Poetry  
21L.488 Contemporary Literature  
21L.489J Interactive and Non-Linear Narrative: Theory and Practice  
21L.501 The American Novel  
21L.504J Race and Identity in American Literature  
21L.512 American Authors  
21L.701 Literary Interpretation

21L.702 Studies in Fiction  
21L.703 Studies in Drama  
21L.704 Studies in Poetry  
21L.705 Major Authors  
21L.706 Studies in Film  
21L.707 Problems in Cultural Interpretation  
21L.708 Literature and Technology  
21L.709 Studies in Literary History  
21L.715 Media in Cultural Context  
21L.992 Special Topics in Literature  
21L.993 Special Topics: Studies in Poetry - Latin  
21L.994 IAP Special Topics in Literature  
21L.995 IAP Special Topics in Literature  
21L.996 Topics in Film and Media  
21L.997 Topics in Film and Media  
21L.998 Special Topics in Literature  
21L.999 Special Topics in Literature  
21L.ThT Literature Pre-Thesis Tutorial  
21L.ThU Literature Thesis  
21L.UR Undergraduate Research  
21L.URG Undergraduate Research  
21M.011 Introduction to Western Music  
21M.013J The Supernatural in Music, Literature and Culture  
21M.030 Introduction to World Music  
21M.051 Fundamentals of Music  
21M.065 Introduction to Musical Composition  
21M.215 American Music  
21M.220 Early Music  
21M.223J Folk Music of the British Isles and North America  
21M.226 Jazz  
21M.235 Monteverdi to Mozart: 1600-1800

21M.250 Beethoven to Mahler: 1800-1910  
21M.252 Song  
21M.260 Stravinsky to the Present  
21M.271 Symphony and Concerto: 1720-Present  
21M.273 Opera: 1607 to Present  
21M.283 Musicals of Stage and Screen  
21M.284 Film Music  
21M.291 Music of India  
21M.292 Music of Indonesia  
21M.293 Music of Africa  
21M.294 Popular Musics of the World  
21M.295 American Popular Music  
21M.301 Harmony and Counterpoint I  
21M.302 Harmony and Counterpoint II  
21M.303 Writing in Tonal Forms I  
21M.304 Writing in Tonal Forms II  
21M.310 Techniques of Twentieth Century Composition  
21M.340 Jazz Harmony and Arranging  
21M.341 Jazz Composition  
21M.342 Composing for Jazz Orchestra  
21M.350 Musical Analysis  
21M.351 Music Composition  
21M.355 Musical Improvisation  
21M.361 Electronic Music Composition I  
21M.362 Electronic Music Composition II  
21M.380 Music and Technology  
21M.401 MIT Concert Choir  
21M.405 MIT Chamber Chorus  
21M.410 Vocal Repertoire and Performance  
21M.421 MIT Symphony  
21M.422 MIT Chamber Orchestra

21M.423 Conducting and Score-Reading  
21M.426 MIT Wind Ensemble  
21M.442 MIT Festival Jazz Ensemble  
21M.445 Chamber Music Society  
21M.450 MIT Balinese Gamelan  
21M.451 Studio Accompanying for Pianists  
21M.460 MIT Senegalese Drum Ensemble  
21M.480 Advanced Music Performance  
21M.490 Emerson Scholar's Solo Recital  
21M.500 Senior Seminar in Music  
21M.531 Special Topics in Music  
21M.533 Special Topics in Music  
21M.536 Special Topics in Music  
21M.531, 21M.533, 21M.536, 21M.538 Special Topics in Music  
21M.539 Advanced Topics in Music  
21M.540 Selected Topics in Music  
21M.542 IAP Music Topics  
21M.545 Research in Music  
21M.600 Introduction to Acting  
21M.603 Design for the Theater: Projects in Making  
21M.604J Playwriting I  
21M.605 Voice and Speech for the Actor  
21M.606 Introduction to Stagecraft  
21M.611 Foundations of Theater Practice  
21M.616 Learning from the Past: Drama, Science, Performance  
21M.621J Theater and Cultural Diversity in the US  
21M.630J Black Matters: Introduction to Black Studies  
21M.645 Motion Theater  
21M.670J Traditions in American Concert Dance: Gender and Autobiography  
21M.675 Dance Theory and Composition  
21M.703J Media and Methods: Performing



21M.704 Musical Theater Workshop  
21M.705 The Actor and the Text  
21M.710 Script Analysis  
21M.711 Production Seminar  
21M.712 African American Performance  
21M.713 Selected Studies in Theater  
21M.714 Selected Topics in Theater Arts  
21M.715 Topics in Technical Theater Design Exploration  
21M.732 Costume Design for the Theater  
21M.733 Scenic Design  
21M.734 Lighting Design for the Theater  
21M.735 Technical Design: Scenery, Mechanisms, and Special Effects  
21M.775 Hip-Hop  
21M.785J Playwrights' Workshop  
21M.790 Directing  
21M.805 Theater Practicum  
21M.815 Technical Theater Practicum  
21M.820 Technical Theater Special Topics  
21M.830 Acting: Techniques and Style  
21M.840 Performance Media  
21M.846 Topics in Performance Studies  
21M.851 Special Topics in Drama  
21M.852 Special Topics in Drama  
21M.863 Advanced Topics in Theater Arts  
21M.873 IAP Theater Arts Topics  
21M.880 Dance Production  
21M.ThT Music Pre-Thesis Tutorial  
21M.ThU Undergraduate Thesis in Music  
21M.UR Research in Music  
21M.URG Research in Music  
21W.730 Writing and Rhetoric

21W.731 Writing and Experience  
21W.732 Science Writing and New Media  
21W.734J Writing About Literature  
21W.735 Writing and Reading the Essay  
21W.736 News Writing  
21W.739J Darwin and Design  
21W.740 Writing Autobiography and Biography  
21W.741J Black Matters: Introduction to Black Studies  
21W.742J Writing about Race  
21W.745 Advanced Essay Workshop  
21W.746 Humanistic Perspectives on Medicine: From Ancient Greece to Modern America  
21W.747 Rhetoric  
21W.749 Documentary Photography and Photojournalism: Still Images of a World in Motion  
21W.750 Experimental Writing  
21W.752 Making Documentary: Audio, Video, and More  
21W.754J Playwriting I  
21W.755 Writing and Reading Short Stories  
21W.756 Writing and Reading Poems  
21W.757 Fiction Workshop  
21W.758 Genre Fiction Workshop  
21W.759 Writing Science Fiction  
21W.762 Poetry Workshop  
21W.763J Transmedia Storytelling: Modern Science Fiction  
21W.763J Transmedia Storytelling: Modern Science Fiction  
21W.764J The Word Made Digital  
21W.765J Interactive and Non-Linear Narrative: Theory and Practice  
21W.766J Contemporary US Women of Color: Writing and Reading Short Stories  
21W.767J Writing for Videogames  
21W.768J Social and Cultural Facets of Digital Games

21W.769J Playwrights' Workshop  
21W.770 Advanced Fiction Workshop  
21W.771 Advanced Poetry Workshop  
21W.772 Digital Poetry  
21W.773 Writing Longer Fiction  
21W.774 Invention and Ingenuity: Writing about Engineers and the Worlds They Make  
21W.775 Writing about Nature and Environmental Issues  
21W.777 The Science Essay  
21W.778 Science Journalism  
21W.784 Becoming Digital: Writing about Media Change  
21W.785 Communicating with Web-Based Media  
21W.786J The Social Documentary: Analysis and Production  
21W.787 Film, Music, and Social Change: Intersections of Media and Society  
21W.788J South Asian America: Transnational Media, Culture, and History  
21W.789 Communicating with Mobile Technology  
21W.791J Identity and the Internet  
21W.792 Science Writing Internship  
21W.797 Communication Workshop for CME  
21W.798 Special Topics in Writing  
21W.798, 21W.799 Special Topics in Writing  
21W.ThT Writing and Humanistic Studies Pre-Thesis Tutorial  
21W.ThU Writing and Humanistic Studies Thesis  
21W.UR Research in Writing and Humanistic Studies  
21W.URG Research in Writing and Humanistic Studies  
CMS.100 Introduction to Media Studies  
CMS.300 Introduction to Videogame Studies  
CMS.309J Transmedia Storytelling: Modern Science Fiction  
CMS.314J Phantasmal Media: Theory and Practice  
CMS.334J South Asian America: Transnational Media, Culture, and History  
CMS.336J The Social Documentary: Analysis and Production

CMS.376 History of Media and Technology  
CMS.400 Media Systems and Texts  
CMS.403J Media and Methods: Performing  
CMS.405 Media and Methods: Seeing and Expression  
CMS.407 Media and Methods: Sound  
CMS.590J Computer Games and Simulations for Investigation and Education  
CMS.600 Topics in Comparative Media Studies  
CMS.601 Topics in Comparative Media Studies  
CMS.602 Topics in Comparative Media  
CMS.603 Topics in Comparative Media Studies  
CMS.604 Topics in Comparative Media Studies  
CMS.607 The Role of the Gamer: Theory, Criticism, and Practice  
CMS.608 Game Design  
CMS.609J The Word Made Digital  
CMS.610 Media Industries and Systems  
CMS.612J Writing for Videogames  
CMS.614J Identity and the Internet  
CMS.616J Social and Cultural Facets of Digital Games  
CMS.882J Film, Fiction, and History in India, 1905-2005  
CMS.THT Comparative Media Studies Pre-Thesis Tutorial  
CMS.THU Undergraduate Thesis in Comparative Media Studies  
CMS.UR Research in Comparative Media Studies  
CMS.URG Research in Comparative Media Studies  
SP.311 Concourse Program  
SP.312 Concourse Program  
SP.313 Concourse Program for Upperclassmen  
SP.315 Concourse Program Undergraduate Teaching  
SP.316 Concourse Program Undergraduate Teaching  
SP.319 Becoming Human: Ancient Perspectives on the Best Life  
SP.320 Modern Conceptions of Freedom  
SP.343 Concourse Special Topics

SP.344 Concourse Special Topics  
SP.345, SP.346, SP.347 Concourse Special Topics for IAP  
SP.346 Concourse Special Topics for IAP  
SP.347 Concourse Special Topics for IAP  
SP.3UR Undergraduate Research Opportunities in Concourse  
CSB.NIV Visiting Student Research  
SP.702J Introduction to Digital Electronics  
SP.705J Electronics Project Laboratory  
SP.710 Special Topics at the Edgerton Center  
SP.711 Special Topics at the Edgerton Center  
SP.712 Special Topics at the Edgerton Center  
SP.713 Special Topics at the Edgerton Center  
SP.714 Special Topics at the Edgerton Center  
SP.710-SP.715 Special Topics at the Edgerton Center  
SP.716 Special Topics at the Edgerton Center  
SP.717 Special Topics at the Edgerton Center  
SP.718 Special Topics at the Edgerton Center  
SP.717-SP.719 Special Topics at the Edgerton Center  
SP.721J D-Lab: Development  
SP.722J D-Lab: Design  
SP.723J D-Lab: Disseminating Innovations for the Common Good  
SP.724 Prototype to Product  
SP.725 D-Lab: Health Technologies for the Developing World  
SP.731 Edgerton Center Undergraduate Teaching  
SP.747 Creative Imaging  
SP.757 Digital and Darkroom Imaging  
SP.775 D-Lab: Energy  
SP.779 Advanced Toy Product Design  
SP.782 Digital Video Production: Documentary  
SP.784 Wheelchair Design in Developing Countries  
SP.785 Digital Video Post-Production

SP.7UR Undergraduate Research  
SP.7URG Undergraduate Research - Graded  
ESD.01J Engineering System Design  
ESD.035J Engineering Design and Rapid Prototyping  
ESD.05 Engineering Leadership Lab  
ESD.050 Engineering Leadership Lab  
ESD.051J Engineering Innovation and Design  
ESD.052 Project Engineering  
ESD.053J Environmental Risks for Common Disease  
ESD.082J Science, Technology, and Public Policy  
ESD.62J Introduction to Lean Six Sigma Methods  
ESD.950 Special Undergraduate Studies in Engineering Systems Division  
ESD.950?ESD.951 Special Undergraduate Studies in Engineering Systems  
Division  
ESD.955 Special Undergraduate Studies in Engineering Systems Division  
ESD.956 Special Undergraduate Studies in Engineering Systems Division  
ESD.URG Undergraduate Research  
SP.211 ESG (Experimental Study Group)  
SP.212 ESG (Experimental Study Group)  
SP.221 ESG (Experimental Study Group)  
SP.222 ESG (Experimental Study Group)  
SP.231 ESG Undergraduate Teaching  
SP.232 ESG Undergraduate Teaching  
SP.233 ESG Special Topics  
SP.240 ESG Special Topics Seminars  
SP.241 ESG Special Topics Seminars  
SP.242 ESG Special Topics Seminars  
SP.243 ESG Special Topics Seminars  
SP.244 ESG Special Topics Seminars  
SP.245 ESG Special Topics Seminars  
SP.246 ESG Special Topics Seminars

SP.247 ESG Special Topics Seminars  
SP.248 ESG Special Topics Seminars  
SP.249 ESG Special Topics  
SP.234-SP.250 ESG Special Topics  
SP.251 ESG Special Topics  
SP.252 ESG Special Topics  
SP.253 ESG Special Topics  
SP.254 ESG Special Topics  
SP.255 ESG Special Topics  
SP.256 ESG Special Topics  
SP.258 ESG Special Topics  
SP.259 ESG Special Topics  
SP.260 ESG Special Topics  
SP.261 ESG Special Topics  
SP.262 ESG Special Topics  
SP.263 ESG Special Topics  
SP.264 ESG Special Topics  
SP.265 ESG Special Topics  
SP.266 ESG Special Topics  
SP.267 ESG Special Topics  
SP.268 ESG Special Topics  
SP.269 ESG Special Topics  
SP.270 ESG Special Topics  
SP.271 ESG Special Topics  
SP.272 ESG Special Topics  
SP.273 ESG Special Topics  
SP.274 ESG Special Topics  
SP.275 ESG Special Topics  
SP.276 ESG Special Topics  
SP.277 ESG Special Topics  
SP.278 ESG Special Topics

SP.270?SP.279 ESG Special Topics  
SP.280 ESG Special Topics  
SP.281 ESG Special Topics  
SP.282 ESG Special Topics  
SP.283 ESG Special Topics  
SP.284 ESG Special Topics  
SP.285 ESG Special Topics  
SP.286 ESG Special Topics  
SP.287 ESG Special Topics  
SP.288 ESG Special Topics  
SP.280?289 ESG Special Topics  
SP.290 ESG Special Topics  
SP.291 ESG Special Topics  
SP.292 ESG Special Topics  
SP.293 ESG Special Topics  
SP.294 ESG Special Topics  
SP.295 ESG Special Topics  
SP.296 ESG Special Topics  
SP.297 ESG Special Topics  
SP.298 ESG Special Topics  
SP.234?SP.299 ESG Special Topics Seminars  
SP.2H1 Philosophy of Love  
SP.2H2 Readings in the Philosophy of Technology  
SP.2H3 Ancient Philosophy and Mathematics  
SP.2UR Undergraduate Research in ESG  
HST.410J Projects in Microscale Engineering for the Life Sciences  
HST.422J A Clinical Approach to the Human Brain  
HST.424J Diseases of the Nervous System  
HST.457J Introduction to Molecular Simulations  
HST.480 Special Subjects in Health Sciences and Technology  
HST.481 Special Subjects in Health Sciences and Technology



HST.482 Special Subjects in Health Sciences and Technology  
HST.483 Special Subjects in Health Sciences and Technology  
HST.484 Special Subjects in Health Sciences and Technology  
HST.485 Special Subjects in Health Sciences and Technology  
HST.486 Special Subjects in Health Sciences and Technology  
HST.487 Special Subjects in Health Sciences and Technology  
HST.488 Special Subjects in Health Sciences and Technology  
HST.481-HST.489 Special Subjects in Health Sciences and Technology  
HST.491 Reviewing Biomedical Literature  
HST.540J Human Physiology  
HST.542J Quantitative Systems Physiology  
HST.545 Introduction to Systems Analysis with Physiological Applications  
HST.598 Special Topics in Health Sciences and Technology  
HST.UR Undergraduate Research in Health Sciences and Technology  
HST.URG Undergraduate Research in Health Sciences and Technology  
SP.35UR Undergraduate Research in Terrascope  
SP.360 Terrascope Radio  
MAS.110 Fundamentals of Computational Media Design  
MAS.111 Introduction to Doing Research in Media Arts & Sciences  
MAS.131 Computational Camera and Photography  
MAS.132 Camera Culture  
MAS.160 Signals, Systems, and Information for Media Technology  
MAS.234J Sensory and Social Orders  
MAS.235J Anigrafs  
MAS.402J Instrumentation and Measurement for Biological Systems  
MAS.490 Special Projects in Media Arts and Sciences  
MAS.491 Special Projects in Media Arts and Sciences  
MAS.UR Undergraduate Research in Media Arts and Sciences  
MAS.URG Undergraduate Research in Media Arts and Sciences  
2.00AJ Fundamentals of Engineering Design: Explore Space, Sea and Earth  
2.00B Toy Product Design

3.003 Principles of Engineering Practice  
4.001J CityScope  
5.92 Projects in Energy  
6.07J Projects in Microscale Engineering for the Life Sciences  
11.004J CityScope  
12.000 Solving Complex Problems  
16.00 Introduction to Aerospace and Design  
16.00AJ Fundamentals of Engineering Design: Explore Space, Sea and Earth  
20.020 Introduction to Biological Engineering Design  
HST.410J Projects in Microscale Engineering for the Life Sciences  
SP.100 Interphase  
SEM.XL1 Program XL: You Can Be a Success at MIT  
SEM.XL2 Program XL: You Can Be a Success at MIT  
STS.001 Technology in American History  
STS.003 The Rise of Modern Science  
STS.005 Disease and Society in America  
STS.006J Bioethics  
STS.007 Technology in History(STS.022)  
STS.008 Technology and Experience(STS.045)  
STS.009 Evolution and Society  
STS.010 Neuroscience and Society  
STS.011 Ethics and Politics in Science and Technology  
STS.015 Mapping Controversies: Preparing Scientists and Engineers for a More Complex World  
STS.025J Making the Modern World: The Industrial Revolution in Global Perspective  
STS.029J The Civil War and Reconstruction  
STS.032 Energy, Environment, and Society  
STS.034 Science Communication: A Practical Guide  
STS.039 Technology and Imagination  
STS.042J Einstein, Oppenheimer, Feynman: Physics in the 20th Century

STS.043 Technology and Self: Science, Technology, and Memoir  
STS.044 Technology and Self: Things and Thinking  
STS.046J The Science of Race, Sex, and Gender  
STS.048 African Americans in Science, Technology, and Medicine  
STS.050 The History of MIT  
STS.051 Finance: Culture, Technologies, and Markets  
STS.056 Science and the Cinema: Experiments on Film  
STS.060J The Anthropology of Biology  
STS.062J Drugs, Politics, and Culture  
STS.064J DV Lab: Documenting Science through Video and New Media  
STS.065J The Anthropology of Sound  
STS.072J Nuclear Forces and Missile Defenses  
STS.073 Technology and Politics in the Acquisition of Military Systems  
STS.074J Art, Craft, Science  
STS.075J Technology and Culture  
STS.076J Technology and Policy of Weapons Systems  
STS.082J Science, Technology, and Public Policy  
STS.085 Ethics and the Law on the Electronic Frontier  
STS.087 Biography in Science  
STS.089 Wealth, Environment, and Health in Africa  
STS.091 Critical Issues in STS  
STS.095, STS.096 Special Topics in Science, Technology, and Society  
STS.095, STS.096 Special Topics in Science, Technology, and Society  
STS.ThT Undergraduate Thesis Tutorial  
STS.ThU Undergraduate Thesis  
STS.UR Undergraduate Research  
STS.URG Undergraduate Research  
Inventions and Patents  
Management in Engineering  
UPOP Summer Practice Experience  
UPOP Reflective Learning Experience

Introduction to Modeling and Simulation  
SP.400 Special Topics in Women's and Gender Studies Seminar  
SP.401 Introduction to Women's and Gender Studies  
SP.404 Special Topics in Women's and Gender Studies  
SP.406 Sexual and Gender Identities  
SP.409 Women and Global Activism in Media and Politics  
SP.414 Gender and Media Studies  
SP.417J Black Matters: Introduction to Black Studies  
SP.427 Women in the Developing World  
SP.429J Rethinking the Family, Sex, and Gender  
SP.448J Gender and Representation of Asian Women  
SP.454J Identity and Difference  
SP.459J Women in South Asia from 1800 to Present  
SP.461J International Women's Voices  
SP.466 Topics in Modern French Literature  
SP.492 Popular Narrative  
SP.493 Media in Cultural Context  
SP.4UR Women's Studies Undergraduate Research  
SP.4URG Women's Studies Undergraduate Research  
SP.510 Literary Interpretation  
SP.511 Studies in Poetry  
SP.512 Major Authors  
SP.513J Jane Austen  
SP.514 Medieval Literature  
SP.515 Studies in Fiction  
SP.516 Problems in Cultural Interpretation  
SP.517 American Authors  
SP.518J Race and Identity in American Literature  
SP.574J Contemporary US Women of Color: Writing and Reading Short Stories  
SP.575J Writing about Race  
SP.576 Advanced Essay Workshop

SP.591J Traditions in American Concert Dance: Gender and Autobiography  
SP.595J Theater and Cultural Diversity in the US  
SP.601J Feminist Political Thought  
SP.603J Race and Gender in Asian America  
SP.607J Gender and the Law in US History  
SP.621J Violence, Human Rights, and Justice  
SP.622J Dilemmas in Biomedical Ethics: Playing God or Doing Good?  
SP.640J The Science of Race, Sex, and Gender  
SP.650J Psychology of Gender and Race  
SP.800 Freshman/Alumni Summer Internship Program  
SP.801 Freshman/Alumni Summer Internship Program II

## **ANEXO B**

### **DESCRIPCIÓN SINTÉTICA DE ASIGNATURAS OBLIGATORIAS DEL MIT**

#### **5.12 QUÍMICA ORGÁNICA I**

Introducción a la química orgánica. Principios básicos de estructura, enlaces y la reactividad de las moléculas orgánicas. Introducción a la síntesis orgánica. Enfoque en la química de los alcanos, alquenos, alquinos, compuestos aromáticos y la química de los grupos carbonilos.

#### **5.07 QUÍMICA BIOLÓGICA I**

Propiedades químicas y físicas de las células y sus bloques constructivos. Estructuras de las proteínas y principios de catálisis. La química de los cofactores orgánicos/inorgánicos requeridos para las transformaciones dentro de la célula. Principios básicos de metabolismo y regulación en vías incluyendo glicolisis, gluconeogénesis, síntesis/degradación de ácidos grasos, vías de pentosa fosfato, ciclo de Krebs y fosforilación oxidativa, duplicación y transcripción y traducción de ADN.

#### **7.05 BIOQUÍMICA GENERAL**

Contribuciones de bioquímica con el objeto del entendimiento de la estructura y funcionamiento de los organismos, tejidos y células. Química y funcionamiento de los constituyentes de células y tejidos y las bases químicas y físico-químicas para las estructuras de ácidos nucleídos, proteínas y carbohidratos. Metabolismo general de carbohidratos, grasas y compuestos nitrogenados como aminoácidos, proteínas y compuestos relacionados.

#### **5.310 LABORATORIO DE QUÍMICA**

Introducción a la química experimental para estudiantes quienes no tomaron "Course V". Principios y aplicaciones de técnicas químicas de laboratorio, incluyendo preparación y análisis de materiales químicos, medición de pH, cromatografía de gases y líquidos, espectrofotometría de ultravioleta visible, espectroscopía infrarroja, cinética, análisis de datos y síntesis elemental.

## **5.60 TERMODINÁMICA Y CINÉTICA**

Propiedades en equilibrio de sistemas macroscópicos. Termodinámica básica: Estado de un sistema, variables del estado. Trabajo, calor, primera ley de la termodinámica: entropía. Función de Gibbs, propiedades de la fase de equilibrio de una solución. Equilibrio químico de una reacción en solución y en fase gaseosa. Tasas de reacciones químicas.

## **10.10 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA**

Las diversas aplicaciones de la Ingeniería Química son exploradas a través de ejemplos y problemas. Las soluciones requieren la aplicación de los conceptos fundamentales de la conservación de masa y energía para sistemas "batch" y continuos, cubriendo procesos químicos y biológicos. Las habilidades computacionales y los elementos de ingeniería de diseño son mostradas en el contexto de estos ejemplos y problemas. El objetivo es poner al estudiante en contacto con el campo de la ingeniería química y para permitir el uso de los métodos computacionales para resolver los problemas de ingeniería química y biológica.

### **10.213 TERMODINÁMICA QUÍMICA Y BIOLÓGICA PARA INGENIEROS.**

Termodinámica de multicomponentes, sistemas químicos y biológicos multifase. Aplicación de la primera, segunda y tercera leyes de la termodinámica para sistemas abiertos y cerrados. Propiedades de mezclas, incluyendo propiedades coligativas, equilibrio químico de reacción y equilibrio de fase, soluciones no ideales, ciclos de energía, sistemas de refrigeración y separación.

#### **10.26 LABORATORIO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA QUÍMICA.**

Proyectos de investigación de ingeniería química aplicada. Los estudiantes trabajan en equipos en un proyecto por periodo. Los proyectos a menudo son sugeridos por la industria local. Incluyen entrenamiento en planeación de investigación y administración de proyectos, ejecución del trabajo experimental, análisis de datos, habilidades para presentación oral e informes escritos individuales y en equipo.

#### **10.27 LABORATORIO DE PROCESOS DE INGENIERÍA QUÍMICA (B)**

Introducción práctica a las operaciones unitarias de la ingeniería química y biológica a través de la experiencia con equipo y procesos escala-piloto y teoría de operaciones unitarias seleccionadas. Trabajo en equipo, experimentación y análisis de datos e informes escritos individuales y presentaciones orales.

#### **10.28 LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICO-BIOLÓGICA**

Introducción al diseño completo de bioprocesos: desde selección de vectores de producción, separación y caracterización de recombinación de productos. Uso de conceptos desde varios campos, como son, ingeniería química y eléctrica y biología. Equipos de estudiantes trabajan por medio de módulos paralelos, abarcando fermentación microbiológica y cultivo sobre células animales. Con el bioreactor como el núcleo de los experimentos, los estudiantes estudian metabolismo celular y vías biológicas, cinética del crecimiento celular y la formación de productos, transporte de masa de oxígeno, escalamiento de técnicas de diseño de ciclos de control de procesos. Introducción a bioreactores novedosos y poderosa instrumentación analítica. Procesamiento y recombinación a contracorriente también incluye productos de purificación.

#### **10.29 LABORATORIO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA BIOLÓGICA**

Proyectos de investigación en ingeniería biológica aplicada. Los estudiantes trabajan en equipos en un proyecto para el periodo. Los proyectos a menudo son



sugeridos por la industria local. Incluye entrenamiento en planeación de investigación y administración de proyectos, ejecución de trabajo **experimental**, análisis de datos, presentación oral e informes escritos y trabajo en equipo.

### **10.301 MECÁNICA DE FLUIDOS**

Introducción a los principios de que gobiernan el flujo de fluidos. Tensión superficial. Conservación de masa y momentum, usando balances diferenciales e integrales. Ecuaciones constitutivas elementales. Hidrostática. Soluciones exactas de las ecuaciones Navier-Stokes. Soluciones aproximadas usando análisis de control de volumen. Balances de energía mecánica y ecuaciones de Bernoulli. Análisis dimensional y similitud dinámica. Introducción teórica a los límites de las leyes y turbulencia

### **10.302 PROCESOS DE TRANSPORTE**

Principios de transferencia de masa y calor. Conducción y difusión constante y transitoria. Transferencia de calor por radiación. Transporte convectivo de calor y masa en flujo laminar y turbulento. Énfasis en el desarrollo del entendimiento subyacente de la esencia de los fenómenos físicos y sobre la habilidad para resolver problemas de transferencia de calor y de masa de importancia para la ingeniería.

### **10.32 PROCESOS DE SEPARACIÓN**

Principios generales de la tasa de equilibrio de los procesos de separación. "Staged cascades". Aplicaciones en destilación, absorción, adsorción y procesos en membranas. Equilibrio de fases y el papel de la difusión.

### **10.37 CINÉTICA QUÍMICA Y DISEÑO DE REACTORES**

Aplicación de conceptos de tasa de reacción, estequiometría y equilibrio para el análisis de sistemas químicos y biológicos reactantes. Derivación de las expresiones de la tasa para mecanismos de reacción y equilibrio o suposiciones

de régimen estacionario. Diseño de reactores químicos y bioquímicos por síntesis de cinética química, fenómenos de transporte y balances de materia y energía. Temas: vías químicas/ bioquímicas, enzimáticas, vías y crecimiento cinético celular; reactores en batch y continuos para reacciones químicas y cultivos de microorganismos y células de mamíferos, catálisis heterogénea y enzimática; transferencia de masa y calor en reactores, incluyendo difusión dentro de partículas catalíticas y células o enzimas inmovilizadas.

#### **10.490 INGENIERÍA QUÍMICA INTEGRADA I**

Contenido variable de acuerdo al semestre.

#### **10.491 INGENIERÍA QUÍMICA INTEGRADA II**

Plantea y resuelve problemas de ingeniería química en un contexto industrial, con aplicaciones que varían con el semestre. Énfasis en la integración de conceptos fundamentales con enfoque en el diseño de procesos. Énfasis en problemas que demandan la síntesis, el análisis económico y el diseño de procesos.

#### **10.492 Tópicos integrados de la Ingeniería Química I**

Contenido variable de acuerdo al semestre.

#### **10.493 Tópicos integrados de la Ingeniería Química II**

Contenido variable de acuerdo al semestre.

#### **10.494 Tópicos integrados de la Ingeniería Química III**

Problemas de Ingeniería Química presentados y analizados en un contexto industrial. Énfasis en la integración de los fundamentos con estimación de las propiedades de los materiales, control de procesos, desarrollo de productos y simulación por computadora. Integración de temas sociales como ética en la

Ingeniería, consideraciones ambientales y de seguridad, y el impacto de la tecnología es dirigida al contexto de los casos de estudio.

### **18.03 ECUACIONES DIFERENCIALES**

Estudio de las ecuaciones diferenciales ordinarias (ODEs), incluyendo sistemas de modelos físicos. Solución de ecuaciones de primer orden de forma analítica, gráfica y por métodos numéricos. ODEs lineales, primeramente de segundo orden, con coeficientes constantes. Números complejos y exponenciales. Ecuaciones no homogéneas con datos polinomiales, senoidales y exponenciales. Oscilación, amortiguación y resonancia. Entradas de series de Fourier, periodos resonantes. Método de la transformada de Laplace, convolución y función delta. Método de matrices para sistemas lineales de primer orden: "eigenvalues" y "eigenvectores", matrices exponenciales, variación de parámetros. Sistemas autónomos no lineales: Análisis de punto crítico, diagramas planos de fase, aplicaciones a modelos.

### **18.034 ECUACIONES DIFERENCIALES**

Discusiones del mismo material de 18.03 con mayor énfasis en la teoría. El punto de vista es riguroso y los resultados son comprobados. Existencia local y la singularidad de la solución. Ecuaciones de primer orden, separación, valor inicial de los problemas. Sistemas, ecuaciones lineales, independencia de las soluciones y coeficientes indeterminados.

### **3.014 LABORATORIO DE MATERIALES**

Exploración experimental de las conexiones entre energéticos, límites y estructura de los materiales y la aplicación de estos principios en materiales de caracterización. Demostración de la onda como naturaleza del electrón. Obtención de experiencia con técnicas de cuantificación de energía (DSC), fronteras (XPS, AES, FTIR, UV/Vis y espectroscopía de fuerzas) y en grado de orden (dispersión de rayos x) en materia condensada. Investigación de la transición estructural y las

relaciones de las propiedades de la estructura de la materia a través de ejemplos con materiales prácticos. Practica de técnica de comunicación oral y escrita. Se recomienda que sean tomadas simultáneamente 3.012 y 3.014.

### **6.152J TECNOLOGÍA DE MICRO/NANO PROCESOS**

Introducción teórica y tecnológica de micro/nano fabricación. Sesiones de lectura y laboratorio de las técnicas básicas de procesos, litografía, difusión, oxidación y patrones de transferencia. Los estudiantes fabrican capacitores MOS, ménsulas nanomecánica mezclas microfluidas. Énfasis en las interrelaciones entre propiedades de materiales y procesos, estructura de los dispositivos y el funcionamiento eléctrico, mecánico, óptico, químico y biológico de los dispositivos. Provee bases para el trabajo de tesis en fabricación micro/nano.

### **5.36 LABORATORIO DE BIOQUÍMICA Y ORGÁNICA**

Estas 12 unidades de la asignatura conciben en 3 módulos, los cuales deben ser tomados durante diferentes periodos. Práctica y enseñanza de presentaciones orales y escritas, de los resultados experimentales adquiridos. Los módulos y los prerrequisitos son los siguientes:

Modulo 4 primavera, (Prerrequisitos: 5.07 o 7.05, Modulo 2 o 5.310, Modulo 5) Expresión y purificación de enzimas mutantes. Puede ser tomada simultáneamente con el Modulo 5.

Modulo 5 Primavera, (Prerrequisitos: 5.07 o 7.05, Modulo 2 o 5.310, Modulo 4) Cinética de la inhibición enzimática. Puede ser tomada simultáneamente con el Módulo 4.

Modulo 6 Otoño (Prerrequisitos: 5.12, Modulo 2 o 5.310, 5.13) Determinación de la estructura orgánica. Inscripciones limitadas. Se dará preferencia a Curso 5 majors.

Otoño: Módulo 6- R.L. Danheriser

Primavera; Módulos 4 y 5- A. Ting

## **7.02 INTRODUCCIÓN A LA BIOLOGÍA Y COMUNICACIÓN EXPERIMENTAL**

Introducción a los conceptos experimentales y métodos de la biología molecular, bioquímica y análisis genético. Énfasis en el diseño experimental, análisis de datos críticos y el desarrollo de técnicas de comunicación oral. Veinte unidades pueden ser aplicadas al Requerimiento General del Instituto de Laboratorio. Inscripciones limitadas.

### **10.467 LABORATORIO DE CIENCIAS DE LOS POLÍMEROS**

Experimentos que tienen como propósito general que los estudiantes adquieran conocimientos en el área de las propiedades de los polímeros, métodos de síntesis y fisicoquímica, por ejemplo: Polimerización de acrilamida en solución, valoración de la polimerización del divinilbenceno, polimerización interfacial del nylon 6.10. Evaluación de redes por medio de experimentos de tensión y dilatación. Reología de las soluciones y suspensiones poliméricas. Propiedades físicas del hule natural y caucho de silicona. Prioridad para inscripción a los alumnos del Curso 10, seniors y juniors.

### **10.26 LABORATORIO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA QUÍMICA**

Investigación aplicada en proyectos de Ingeniería Química. Trabajo en equipo de los estudiantes en un proyecto para el periodo. Los proyectos con frecuencia son sugeridos por la industria local. Incluye entrenamiento en planeación de la investigación y administración de proyectos, ejecución de trabajo experimental, análisis de datos, técnica de presentación oral e informes escritos individuales y trabajo en equipo.

### **10.27 LABORATORIO DE PROCESOS DE INGENIERÍA QUÍMICA**

Introducción a la práctica a las operaciones unitarias de la ingeniería química y biológica a través de la experimentación con equipo escala piloto y procesos y

teoría de operaciones unitarias selectas. Trabajo en equipo, experimentación y análisis de datos y reporte individual escrito y presentaciones orales.

### **10.28 LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA-BIOLÓGICA**

Introducción al diseño completo de bioprocesos: desde selección de vectores de producción, separación y caracterización de productos recombinantes. Utiliza conceptos de muchos campos, tales como, ingeniería química y eléctrica y biología. Los equipos de trabajo de los estudiantes a lo largo de los módulos paralelos abarcando fermentación microbial y cultivo de tejidos animales. Con el bioreactor como el centro de los experimentos, los estudiantes estudian el metabolismo y las vías biológicas, cinética de la célula, crecimiento y productos de formación, transporte de masa de oxígeno y técnicas de escalamiento para el diseño de control procesos en ciclos. Introducción a los bioreactores y a fuerte instrumentación analítica. Procesos a contraflujo y recombinación de productos de purificación también incluidos. Inscripciones limitadas.

### **10.29 LABORATORIO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA BIOLÓGICA**

Investigación aplicada en proyectos de ingeniería biológica. Trabajo en equipo de los estudiantes en un proyecto para el periodo. Los proyectos con frecuencia son sugeridos por la industria local. Incluye entrenamiento en planeación de la investigación y administración de proyectos, ejecución de trabajo experimental, análisis de datos, técnica de presentación oral y reportes escritos individuales y trabajo en equipo.

### **10.702 INTRODUCCIÓN A LA BIOLOGÍA EXPERIMENTAL Y COMUNICACIÓN**

Introducción a los conceptos experimentales y métodos de biología molecular, bioquímica y análisis genético. Énfasis en diseño experimental, análisis de datos críticos y el desarrollo de técnicas de comunicación escrita. Doce unidades pueden ser aplicadas a los Requerimientos Generales del Instituto de Laboratorio.

## **ANEXO C**

### **DESCRIPCIÓN SINTÉTICA DE LAS ASIGNATURAS FACULTAD DE QUÍMICA DE LA UNAM**

#### **1110 ÁLGEBRA SUPERIOR**

Aplicar correctamente la Lógica Matemática en el arte de razonar. Comprender los métodos de demostración en Matemáticas. Determinar la validez o invalidez de un argumento dado. Plantear y resolver ecuaciones algebraicas y sistemas de ecuaciones lineales. Interpretar las soluciones de las ecuaciones y sistemas de ecuaciones dentro del contexto del problema que dio origen al modelo algebraico construido. Comprender los fundamentos del Álgebra Lineal.

#### **1111 CÁLCULO I**

Conocer los conceptos de límite y continuidad. Comprender la relación entre derivada y límite de una función. Aplicar el concepto de derivada en la construcción de modelos matemáticos donde se den razones de cambio. Aplicar la derivada en la resolución de problemas de química, física y matemáticas. Comprender la relación entre derivada e integral. Interpretar los conceptos de integral definida e indefinida. Aplicar el cálculo diferencial e integral en la resolución de problemas de química, física y matemáticas.

#### **1112 CIENCIA Y SOCIEDAD**

Enriquecer la visión que los estudiantes tienen de la ciencia en general y de la química en particular, analizando su impacto en la cultura humana a través de la historia, principalmente en los últimos dos siglos. Promover una conciencia del impacto social de la actividad científica y tecnológica. Mejorar las habilidades de comunicación oral y escrita de los alumnos, por medio de lecturas, ensayos y exposiciones orales basadas en los temas de Ciencia y Sociedad.

## **1113 FÍSICA I**

Introducir con precisión conceptos tan importantes como los de fuerza, trabajo, energía y potencial. Aplicar estos conceptos a problemas básicos de la mecánica teniendo como intención la aplicación en problemas de interés químico.

## **1114 QUÍMICA GENERAL I**

Introducir a los estudiantes a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de la química general, que les servirán de base para comprender y profundizar en los diversos temas más complejos de las ramas de la química. Concientizar a los estudiantes de la utilidad e importancia de la química en la vida diaria. Que los estudiantes valoren la química como medio para resolver problemas industriales, ambientales, alimentarios, médicos, económicos, legales, etcétera. Relacionar las transformaciones de la materia con la tecnología y su impacto en la sociedad. A través del laboratorio se fomentará el trabajo en equipo, la resolución de problemas abiertos, al respecto al medio ambiente y la integración teoría-práctica.

## **1205 CÁLCULO II (Req. 1111)**

Comprender el concepto de vector y sus aplicaciones. Aplicar la derivada en la construcción de modelos matemáticos que describan diversos fenómenos de la Ingeniería y de la Química, en los cuales intervengan varias variables. Obtener los límites de integración para integrales dobles y triples. Resolver integrales dobles, triples, de línea y de superficie, e interpretar los resultados obtenidos. Aplicar los teoremas de Green, Stokes y Gauss para obtener ecuaciones como las de continuidad, de calor, etc.

## **1206 ESTRUCTURA DE LA MATERIA**

Conocer a nivel introductorio algunas de las ideas y de los conceptos centrales asociados con las teorías, modelos y aproximaciones que utilizan los químicos actualmente para abordar el estudio de la estructura de la materia. Adquirir las



nociones básicas sobre la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, así como de su aplicación para estudiar la estructura de la materia. Utilizar los conceptos básicos de las teorías del enlace químico en sistemas de interés para los campos de la química orgánica e inorgánica.

## **1209 FÍSICA II**

El propósito de esta asignatura es proporcionar los elementos básicos del electromagnetismo y aportar los fundamentos para la comprensión de fenómenos principalmente relacionados con los aspectos fisicoquímicos de los procesos químicos. Los estudiantes serán capaces de tener los conceptos básicos de la electrostática; las ideas generales de campo eléctrico y magnético y entenderán las características distintivas de respuesta de las sustancias ante dichos campos.

## **1210 LABORATORIO DE FÍSICA (Req. 1113)**

Identificar las variables involucradas. Plantear las hipótesis pertinentes. Seleccionar el equipo adecuado. Diseñar un dispositivo experimental que permita encontrar la solución. Encontrar la relación funcional entre variables. Calcular e informar la incertidumbre en las mediciones y los resultados. Establecer el intervalo de validez del modelo. Establecer un principio físico. Manejar adecuadamente el equipo. Elaborar el informe escrito.

## **1211 QUÍMICA GENERAL II (Req. 1114)**

Se pretende que al finalizar el curso, los alumnos: Apliquen los conceptos de la estequiometría en la resolución de problemas que impliquen balances de materia en reacciones cuantitativas y no-cuantitativas. Establezcan las condiciones que determinan los aspectos macroscópicos de un sistema en equilibrio y predigan cualitativamente el sentido del desplazamiento de la condición de equilibrio. Apliquen los conocimientos del equilibrio-químico en la predicción de reactivos y productos. Desarrollen habilidades conceptuales, procedimentales y actitudinales a través de la integración del trabajo teórico práctico. A través del trabajo en el

laboratorio se fomentará el trabajo en equipo, la resolución de problemas abiertos y respecto al ambiente

### **1212 TERMODINÁMICA**

Al finalizar el curso, los alumnos describirán las variables termodinámicas fundamentales. Describirán las ecuaciones de estado y las relaciones entre ellas. Aplicarán el papel del formalismo termodinámico como integrador de los conceptos presentados en este curso. Establecerán ecuaciones de estado y ecuaciones fundamentales para algunos sistemas sencillos. Evaluarán cantidades termodinámicas empleando ecuaciones de estado así como información tabular y gráfica. Establecerán parámetros de equilibrio para algunos procesos fisicoquímicos.

### **1307 ECUACIONES DIFERENCIALES (Req. 1111)**

Plantear problemas de naturaleza dinámica en Física, Química, Fisicoquímica e Ingeniería Química, en donde las ecuaciones diferenciales se usan como modelo matemático. Identificar las hipótesis que sustentan a la ecuación diferencial como modelo del fenómeno que analiza. Desarrollar adecuadamente los métodos de solución de ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, ecuaciones diferenciales de segundo orden, ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden con coeficientes variables (método de series), sistemas de ecuaciones lineales de primer orden. Usar transformaciones integrales para resolver ecuaciones diferenciales y sistemas de ecuaciones diferenciales. Interpretar los resultados obtenidos.

### **1308 EQUILIBRIO Y CINÉTICA (Req. 1212)**

Analizar sistemas termodinámicos en los que se establecen condiciones de equilibrio químico y físico (homogéneo y heterogéneo), así como el estudio de los aspectos empíricos de la cinética química, datos cinéticos y variables con las que predecirán los cambios de composición en función del tiempo para sistemas

reaccionantes. Al finalizar el curso los alumnos: Predecirán rendimientos teóricos en procesos químicos (y físicos) en sistemas homogéneos y heterogéneos. Construirán, manejarán e interpretarán diagramas de fases de uno y dos componentes. Predecirán los cambios de composición en función del tiempo para sistemas reaccionantes.

### **1310 QUÍMICA INORGÁNICA I (Req. 1206)**

Estudiar la periodicidad química (propiedades físicas y químicas de los elementos) como función de la estructura atómica de los elementos químicos. Describir a la materia desde el punto de vista estructural y de reactividad química empleando para ello, los modelos de interacción que mejor expliquen las propiedades observables. Explicar el comportamiento de las sustancias a partir de principios químicos fundamentales. Usar todo lo anterior para adquirir y asimilar información sobre el comportamiento de sustancias inorgánicas comunes.

### **1311 QUÍMICA ORGÁNICA I (Req. 1206)**

Al finalizar el curso, los alumnos: Establecerán la relación de la Química Orgánica con otras ciencias. Conocerán el impacto de la Química Orgánica en la sociedad moderna. Representarán correctamente la estructura de las moléculas en el espacio. Se expresarán, usando un vocabulario correcto sobre diversos aspectos relacionados con la estructura de alcanos, cicloalcanos, alquenos, alquinos y dienos. Conocerán las propiedades físicas y químicas de alcanos, cicloalcanos, alquenos, alquinos y dienos. Conocerán y adquirirán destreza en las principales técnicas de aislamiento y purificación de compuestos orgánicos.

### **1316 BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA (Req. 1212)**

El alumno conocerá los diferentes sistemas de unidades y será capaz de efectuar transformaciones de unidades correctamente. Conocerá el manejo de fluidos y composición. El alumno conocerá la simbología básica para representar procesos en la Ingeniería Química. El alumno será capaz de representar un problema físico

esquemáticamente, identificando las corrientes, los procesos y las variables que participan. El alumno conocerá los procedimientos para plantear las ecuaciones de balance de materia y energía en sistemas con y sin la presencia de reacciones químicas, cerrados o abiertos, así como la vinculación de estas ecuaciones con las variables del problema de balance. El alumno será capaz de identificar las restricciones adicionales necesarias para el correcto planteamiento de un problema de balance de materia o energía y conocerá los procedimientos de solución. El alumno desarrollará la habilidad de utilizar información disponible en tablas, diagramas, monogramas, etc.; así como modelos y correlaciones.

### **1400 ESTADÍSTICA**

Identificar y ejemplificar los conceptos básicos de estadística. Reconocer los procedimientos de los métodos estadísticos contenidos en el programa, e integrar su resultado. Describir y aplicar métodos estadísticos generales para interpretar resultados provenientes de situaciones prácticas en las distintas áreas de su campo profesional que se presenten, tanto en forma gráfica como analítica. Describir la utilidad de los diferentes métodos estadísticos contenidos en el programa. Identificar la pertinencia de aplicación de cada método estadístico contenido en el programa, en las diferentes áreas de su campo profesional.

### **1402 QUÍMICA ANALÍTICA I (Req. 1211)**

Identificar los conceptos químicos y físicos requeridos en el proceso analítico total y poder realizar cálculos para relacionar la medición de una disolución con la concentración de los solutos en la misma, a fin de que esta información permita inferir el contenido en una muestra. Saber relacionar el resultado de una medición física con el contenido de un componente en una muestra a disolución. Inferir, de la información obtenida, el grado de avance de una reacción química y las posibilidades de controlar un proceso químico. Saber distinguir entre equilibrios homogéneos y heterogéneos y entre sistemas de un solo componente o multicomponentes y aplicar estos conceptos a la predicción cualitativa de procesos químicos y a las posibles formas de controlar un proceso químico.

### **1411 QUÍMICA ORGÁNICA II (Req. 1311).**

1. Los alumnos se expresarán, usando un vocabulario correcto, sobre diversos aspectos relacionados con la estructura de los compuestos aromáticos, los halogenuros de alquilo, los alcoholes, los fenoles, los éteres, los aldehídos, las cetonas, los ácidos carboxílicos y sus derivados y las aminas. 2. Conocerán las propiedades físicas y químicas de los compuestos aromáticos, los halogenuros de alquilo, los alcoholes, los fenoles, los éteres, los aldehídos, las cetonas, los ácidos carboxílicos y sus derivados y las aminas. 3. Realizarán experimentalmente algunas prácticas relacionadas con la síntesis o bien las propiedades químicas de los compuestos aromáticos, los halogenuros de alquilo, los alcoholes, los fenoles, los éteres, los aldehídos, las cetonas, los ácidos carboxílicos y sus derivados y las aminas.

### **1424 MÉTODOS NUMÉRICOS**

Describir los principales modelos matemáticos y clasificarlos según el tipo al que correspondan. Distinguir los casos en los cuales es más conveniente el uso de una técnica numérica para la resolución de un modelo matemático. Describir las técnicas numéricas más utilizadas en la resolución de modelos matemáticos. Identificar el tipo de modelo que se desea resolver y seleccionar la técnica numérica más apropiada. Programar y utilizar un procesador electrónico en la resolución de problemas numéricos.

### **1426 TERMODINÁMICA QUÍMICA (Req. 1308)**

La Termodinámica, para el Ingeniero Químico, debe centrarse en promover el entendimiento de los conceptos teóricos y empíricos a través del uso de las leyes de la Termodinámica y el concepto de Equilibrio, con la finalidad de que el alumno aplique estas herramientas para resolver problemas de la Ingeniería Química.

### **1428 TRANSFERENCIA DE MOMENTUM (Req. 1307)**

Estudiar los principios que rigen la transferencia de momentum, tanto en régimen laminar como turbulento, en procesos de interés para el estudiante de Ingeniería Química, enfatizando la similitud que existe con la transferencia de las otras dos propiedades conservativas que se estudian en la Carrera de Ingeniería Química: energía y masa. Desarrollar las capacidades analíticas y de abstracción que permitan plantear y analizar problemas para el desarrollo de modelos específicos de transferencia de momentum, mediante una perspectiva unificada de los fenómenos de transporte para resolver una mayor variedad de problemas tanto teóricos como prácticos. Los conocimientos adquiridos en este curso servirán de base para el estudio de equipos, procesos y sistemas que se presentarán en los cursos de Ingeniería de Fluidos y Transporte de Energía y en cursos posteriores relacionados con el diseño, control u optimización de procesos que involucren en alguna de sus etapas la transferencia de momentum.

### **1538 CINÉTICA QUÍMICA Y CATÁLISIS (Req. 1308)**

1. Comprender el carácter experimental del estudio de la cinética química y la catálisis. 2. Describir las transformaciones químicas y catalíticas en función del tiempo. 3. Deducir los métodos de cálculo que permitan establecer las ecuaciones de rapidez de las reacciones. 4. Conocer los modelos de interpretación a nivel molecular de los fenómenos cinéticos. 5. Conocer la importancia de la catálisis homogénea, heterogénea y enzimática en la industria química de México para proponer soluciones creativas.

### **1539 ECONOMÍA Y SOCIEDAD**

Que el alumno: Conozca los aspectos que afectan el ahorro y el gasto público, la formación de capital y las inversiones, el rendimiento y grados de riesgo, trabajo manual e intelectual, su participación profesional y el impacto en diferentes niveles de consumo. Identificar el impacto de las tendencias y modelos económicos en avances o descubrimientos y sus posibles aplicaciones. Analice las interacciones que presenta el momento económico en la situación social y nivel cultural.

Reconozca el sentido de valor agregado, generación y distribución de la riqueza. Identifique las relaciones económicas entre poder público e iniciativa privada

### **1540 ELECTROQUÍMICA**

a) Identificar e interpretar las ideas fundamentales de la electroquímica: La conductividad electrónica y la conductividad iónica. Las reacciones de óxido – reducción en interfase. El potencial de electrodo, la polarización y el sobrepotencial. La interfase electrificada. El electrón como reactivo “limpio” en las reacciones químicas heterogéneas. La transferencia de carga (corriente eléctrica) en los procesos de cinética electroquímica. b) Distinguir las condiciones de equilibrio y no equilibrio en los procesos de electrodo. (Termodinámica y Ec. De Nernst vs. Cinética electroquímica). c) Valorar la trascendencia de la electroquímica como una disciplina de punta y de gran relevancia dentro de las tecnologías limpias.

### **1542 FENÓMENOS DE SUPERFICIE**

Que el estudiante aprenda el conocimiento básico suficiente, para poder darse una explicación satisfactoria y cercana al consenso científico de los fenómenos de superficie y sistemas dispersos que existen en su entorno. Que el estudiante aplique estos conocimientos en procesos industriales. Despertar en el estudiante el interés por continuar su desarrollo en este campo tanto en la investigación como en la aplicación tecnológica del conocimiento adquirido.

### **1543 INGENIERÍA DE FLUIDOS | (Req. 1428 y 1316)**

Al finalizar el curso, los alumnos: Resolverán problemas prácticos de diseño, análisis y optimización de sistemas de transporte de fluidos compresibles e incompresibles en tuberías, de interés en la industria química de procesos. Seleccionar y evaluar el comportamiento de equipos para el manejo de fluidos (bombas, compresores, ventiladores, etc.). Seleccionar los medidores y válvulas para el control de flujo en sistemas de manejo de fluidos. Resolución de problemas de sistemas en dos fases líquido vapor y gas líquido. Determinar los

requerimientos básicos para la especificación de sistemas de agitación de líquidos en recipientes.

#### **1544 LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA I**

Que el alumno adquiera a través de la observación, el manejo y medición de variables experimentales en un sistema de procesos, la capacidad para aplicar el principio fundamental de conservación de la materia y energía en su expresión de balance, a procesos abiertos en régimen permanente o transitorio, con o sin recirculación, con o sin reacción química. Elaborar hojas de balance para presentar organizadamente la información experimental de sus variables y corrientes del proceso, que lo describen y cuantifican. Caracterizar las propiedades de los flujos. Analizar el comportamiento del flujo de fluidos a través de tuberías.

#### **1547 TRANSFERENCIA DE ENERGÍA (Req. 1307)**

El curso de Transferencia de Energía está enfocado a que los alumnos: a) Adquieran los conocimientos de los principios físicos fundamentales de la transferencia de energía y establezcan una relación entre estos principios y el comportamiento de sistemas térmicos de naturaleza diversa y propia del campo de la ingeniería química. b) Sean capaces de aplicar estos conocimientos en el análisis y solución de problemas de transferencia de energía. c) Desarrollen sus capacidades analíticas y de abstracción que les permita plantear y analizar problemas para el desarrollo de modelos específicos de transferencia de energía, mediante una perspectiva unificada de los fenómenos de transporte para resolver una mayor variedad de problemas tanto teóricos como prácticos. Los conocimientos adquiridos en este curso servirán de base para el estudio de equipos, procesos y sistemas térmicos que se presentarán en el curso de Ingeniería de Calor y en cursos posteriores relacionados con el diseño, control u optimización de procesos que involucren en alguna de sus etapas de transferencia de energía.



### **1640 INGENIERÍA DE CALOR (Req. 1547)**

Al finalizar el curso, los alumnos: aplicarán los fundamentos teóricos en los que se apoya la operación unitaria de transferencia de calor, para seleccionar y especificar aislantes térmicos y resolver problemas tipo, relacionados con el diseño y análisis de equipos de transferencia de calor tales como cambiadores de calor con superficies lisas y extendidas, serpentines de calentamiento, recipientes enchaquetados, calentadores a fuego directo, etc.), prepararán hojas de especificaciones para el dimensionamiento térmico de equipos de transferencia de calor, integrarán sistemas de aprovechamiento de energía en una planta industrial, tendientes a una optimización de los sistemas, interpretarán los datos del comportamiento de equipos de transferencia de calor y efectuarán análisis sobre la eficiencia de los mismos y su desviación del comportamiento esperado.

### **1642 INGENIERÍA DE REACTORES I (Req. 1538)**

Comprender el carácter experimental de la Cinética Química. Describir las transformaciones químicas en función del tiempo. Establecer ecuaciones de rapidez de reacciones homogéneas. Establecer modelos ideales de reactores. Diseñar y analizar comportamiento de reactores homogéneos.

### **1643 INGENIERÍA ECONÓMICA I**

1. Los alumnos podrán explicar los aspectos generales de la economía, las variables involucradas, y entender algunas causas y efectos a nivel nacional.
2. Conocer los conceptos de índole económica que se manejan en el entorno profesional enfatizando la comercialización de productos químicos y similares.
3. Distinguir la forma en que se organizan las empresas para lograr sus objetivos.
4. Entender la información contable fundamental y el conocimiento de los mercados para la comercialización de productos químicos.
5. Pueda identificar los principios de competitividad de las empresas en sus proyectos de inversión, innovación o mejora.

## **1644 LABORATORIO UNIFICADO DE FISICOQUÍMICA I**

Demostrar, comprobar y practicar los conceptos más importantes contenidos en los cursos de: Fenómenos de Superficie, Electroquímica y Cinética Química y Catálisis, de una manera unificada, esto es, considerando su integración en una serie de prácticas y proyectos para la resolución de un problema.

## **1646 LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA II**

Que, el alumno, a través de la observación, el manejo y la medición de variables experimentales en sistema de flujo de fluidos, la capacidad para: Aplicar los balances de energía mecánica en los diferentes sistemas de flujo. Relacionar las variables hidráulicas, mecánicas y eléctricas para determinar la eficiencia de diferentes pares: motor – bomba. Analizar los diferentes arreglos de bombas en serie y en paralelo en un sistema de flujo para proponer el mejor arreglo. Identificar y cuantificar los diferentes mecanismos de transferencia de calor con el objeto de obtener propiedades de transporte. Distinguir y evaluar el efecto en la transferencia de calor que tienen los diferentes arreglos de las corrientes de flujo en un sistema de intercambio de calor. Describir mediante la evaluación de los coeficientes individuales y el coeficiente total de transferencia de calor en sistemas con y sin cambio de fase, los alcances y limitaciones operativos de equipos de transferencia de calor, a fin de obtener las mejores condiciones de operación.

## **1649 TRANSFERENCIA DE MASA (Req. 1649)**

Estudiar los principios que rigen la transferencia de masa, tanto en régimen laminar como turbulento, en procesos de interés para el estudiante de Ingeniería Química, enfatizando la similitud que existe con la transferencia de las otras dos propiedades conservativas que se estudian en la Carrera de Ingeniería Química: Momentum y energía. Desarrollar las capacidades analíticas y de abstracción que permita plantear y analizar problemas para el desarrollo de modelos específicos de transferencia de masa, mediante una perspectiva unificada de los fenómenos de transporte para resolver una mayor variedad de problemas tanto teóricos como

prácticos. Los conocimientos adquiridos en este curso servirán de base para el estudio de equipos, procesos y sistemas que se presentarán en los cursos de Procesos de Separación e Ingeniería de Reactores y en cursos posteriores relacionados con el diseño, control u optimización de procesos que involucren en alguna de sus etapas de transferencia de masa.

### **1740 INGENIERÍA DE REACTORES II (Req. 1740)**

Explicar el papel que juega el reactor catalítico en los procesos de transformación. Establecer tamaño y forma conveniente de los catalizadores sólidos. Explicar el efecto de las principales variables de operación sobre el comportamiento de los reactores catalíticos. Calcular las dimensiones de reactores catalíticos heterogéneos y establecer las condiciones necesarias para su operación.

### **1742 INGENIERÍA AMBIENTAL**

El curso tiene por objetivos proporcionar los conocimientos necesarios para prevenir, controlar y remediar la contaminación ambiental provocada por procesos industriales. Los objetivos específicos incluyen la revisión del marco jurídico nacional e internacional en materia de contaminación ambiental, la revisión del contexto nacional e internacional de producción industrial en un esquema de desarrollo sostenible y proporcionar los elementos ingenieriles para describir el mecanismo de los procesos que contribuyen a la contaminación atmosférica, de aguas y suelos, así como en el manejo y tratamiento de residuos sólidos y de residuos peligrosos relacionados con la industria química y de proceso. Durante el curso, se discutirán técnica, social y económicamente el problema de la contaminación ambiental y la función del ingeniero químico para prevenirlo o para coadyuvar en su resolución., Finalmente, se iniciará al alumno en el conocimiento de los principales tipos de estudios ambientales (Manifestación de Impacto Ambiental, Estudios de Riesgo Ambiental, auditorías ambientales) y en la normatividad internacional en gestión ambiental y calidad en la producción industrial (ISO 14000 e ISO 9000). Se hace énfasis en los criterios de selección (y cálculo) de tecnologías y equipos para el control de la contaminación general.

## **1743 INGENIERÍA ECONÓMICA II**

1. Conocer las bases técnico – económicas para administrar una empresa, una sección, un proyecto o el desarrollo de una investigación o producto. 2. Presentar la dimensión amplia para la identificación y uso apropiado de los recursos necesarios para la productividad de un negocio. 3. Integrar los aspectos que dan sentido a la información financiera como complemento a las responsabilidades profesionales. 4. Identificar la importancia de la planeación, el control y su seguimiento. 5. Conocer los mecanismos que dan cohesión y éxito a las organizaciones. 6. Definir el alcance de un plan de negocios y su aplicación.

## **1749 LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA III**

Que el alumno, a través de la observación, manipulación y medición de variables experimentales sea capaz de: Identificar los componentes de una mezcla para seleccionar el proceso de separación más adecuado, que le permita mediante la experimentación obtener los resultados esperados. Identificar los mecanismos difusionales y convectivos de transporte de masa presentes en la interfase. Aplicar las separaciones mecánicas, por etapas de equilibrio, por contactos continuo y discontinuo. Aplicar los criterios del equilibrio termodinámico entre fases. Cuantificar los coeficientes de masa y calor en procesos de separación y secado. Aplicar las ecuaciones de diseño en procesos de transferencia de masa para analizar el rendimiento en diferentes equipos de separación y diversas condiciones de operación.

## **1750 PROCESOS DE SEPARACIÓN (Req. 1649)**

Podrán identificar, comprender y analizar correctamente las operaciones de separación y transferencia de masa. Resolver correctamente problemas relacionados con el cálculo en las operaciones de transferencia de masa, y en operaciones con etapas en equilibrio tanto para sistemas binarios como multicomponentes. Llevar a cabo el diseño y dimensionamiento de absorbedores, columnas de destilación, operaciones aire – agua, operaciones de secado.

Describirán correctamente los fundamentos teóricos sobre los que están basadas estas operaciones unitarias.

### **1817 DISEÑO DE PROCESOS (Req. 1750)**

El objetivo del curso es que el alumno se familiarice con el enfoque moderno y sistemático para el Diseño de Procesos y el desarrollo de herramientas para llevar a cabo la síntesis, el análisis y la optimización de procesos. Asimismo en el desarrollo de habilidades y aptitudes para entender las decisiones involucradas en la generación, análisis y evaluación de esquemas de proceso, así como en el desarrollo de aptitudes para llevar la solución de los diferentes problemas de modelado que son generados en el diseño de proceso y la utilización de las herramientas computacionales más apropiadas a cada problema, simuladores de procesos, optimizadores, integradores, etc.

### **1819 DINÁMICA Y CONTROL DE PROCESOS**

Al finalizar el curso, los alumnos: Analizarán y explicarán la dinámica de los sistemas de ingeniería química. Explicarán el concepto de estabilidad dinámica de los procesos. Establecerán modelos matemáticos dinámicos de sistemas de ingeniería química a partir de las leyes que describen su comportamiento. A partir de los modelos matemáticos obtendrán funciones de transferencia. Resolverán las ecuaciones que conforman el modelo matemático que describen los sistemas de Ingeniería química. Sintetizarán diagramas de bloques de sistemas de control automático. Aplicarán diferentes técnicas para el diseño de los sistemas de control. Se familiarizarán con equipos de control comercial.

### **1823 LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA IV**

Que el alumno a través de la observación, manipulación y medición de variables experimentales sea capaz de: Analizar la cinética y su efecto en el coeficiente de transferencia de masa en un sistema de absorción con reacción química. Analizar el comportamiento de un sistema reaccionante, con el fin de identificar el equilibrio

químico en una reacción. Valorar los grados de conversión de diversos tipos de reactores. Aplicar las ecuaciones de diseño de diferentes tipos de reactores. Evaluar los parámetros de comportamiento dinámico para un proceso u operación unitaria.

### **1824 TALLER DE PROBLEMAS**

Que los alumnos apliquen los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación como Ingenieros químicos en una actividad integradora de las diferentes disciplinas, para analizar, resolver problemas y proponer soluciones a un proceso industrial. En este sentido, los alumnos se enfrentarán a problemas asociados a la mejora de un proceso industrial, como un mayor nivel de complejidad que los que se plantean en las otras asignaturas y que requieren la integración de conocimientos. Partirán de un esquema básico que analizarán, en primera instancia, con la finalidad de explicar los fundamentos del proceso, esto es, responder a la pregunta ¿Cuáles son las razones que motivaron la estructura del proceso? Posteriormente, deberán proponer soluciones que mejoren el desempeño del proceso, tanto técnica como económicamente. Las soluciones deberán cumplir con tres premisas fundamentales: la factibilidad técnica del proceso; la factibilidad económica y la minimización del impacto ambiental. Además, durante las actividades del Taller se fomentará el trabajo en equipo y la capacidad de análisis y toma de decisiones.

### **1912 INGENIERÍA DE PROYECTOS (Req. 1817)**

Esta materia es esencialmente de aplicación y tiene como objetivos: proporcionar a los alumnos los conocimientos necesarios para desarrollar la ingeniería conceptual, básica y de detalle para una planta química, tomando en cuenta los principios básicos de la administración de proyectos, así como propiciar el desarrollo de diversas habilidades necesarias en su ejecución, como son la integración de los diversos conocimientos adquiridos durante la carrera y la capacidad de interactuar con otras disciplinas de la ingeniería tales como ingeniería civil, eléctrica, electrónica y mecánica, de instrumentación y de tuberías.

## **ASIGNATURAS OPTATIVAS SOCIOHUMANISTICAS**

### **0096 FILOSOFÍA DE LA CIENCIA**

Entender cómo se construye la ciencia y qué hace al conocimiento científico tan importante en nuestras sociedades considerando que, la química, al igual que el resto de las ciencias naturales, es una actividad primordialmente humana y por lo tanto no puede ser desligada de su entorno social ni mucho menos, de su historia y de su filosofía.

### **0097 FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACIÓN**

Conocer las bases para administrar una empresa, una sección, un proyecto o el desarrollo de una investigación o producto. Presentar la dimensión amplia para la identificación y uso apropiado de los recursos necesarios para una buena administración. Integrar los aspectos que dan sentido a la administración como complemento a las responsabilidades profesionales. Identificar la importancia de la planeación y su seguimiento. Conocer los mecanismos que dan cohesión y éxito a las organizaciones.

### **0098 FUNDAMENTOS DE DERECHO**

Proporcionar elementos básicos simples que permitan conocer el espíritu de las actividades jurídicas del entorno. Interpretar el entorno jurídico nacional e internacional en la aplicación de leyes y reglamentos que intervienen en la actividad general del profesional relacionado con la química. Ofrecer un somero conocimiento de las ventajas o riesgos que implica el respeto al margen legal. Describir los derechos y obligaciones que norman a particulares y poder público. Impulsar la visión amplia del derecho para lograr un orden social y respeto por las instituciones.

### **0099 PENSAMIENTO Y APRENDIZAJE**

Discutir, seleccionar y aplicar los diferentes procesos y técnicas de pensamiento y aprendizaje. Definir los elementos que componen los diferentes procesos de pensamiento y aprendizaje. Discutir las ventajas de aprender a aprender. Discutir las ventajas de ser un pensador excelente. Emplear las técnicas y tácticas de los pensamientos crítico y creativo.

## **0100 PSICOLOGÍA DEL TRABAJO HUMANO**

Reconocer el desarrollo histórico que ha tenido el trabajo. Lograr cambios de conducta en el trabajo al aplicar los principios de las relaciones humanas. Determinar la importancia de los valores como antecedentes legales de derechos y obligaciones de los trabajadores según la organización jerárquica de la empresa. Aprender a valorar y respetar las diferencias individuales. Conocer la influencia del entorno en el desempeño profesional.

## **0101 REGIONES SOCIOECONÓMICAS**

Que el alumno: Identifique los factores que intervienen para definir las regiones socioeconómicas en general y de México en particular. Conozca los aspectos fundamentales de la economía. Enuncie los elementos que influyen para que una región socioeconómica sea más viable para decisiones de inversión en función de sus factores de producción. Se sensibilice acerca de la sinergia: procesos productivos-medio ambiente. Pueda definir las ventajas y oportunidades de aprovechar recursos.

## **0102 RELACIONES HUMANAS**

Al finalizar el curso el alumno: Conocerá el proceso de comunicación e identificará sus problemas y soluciones. Estará sensibilizado acerca de la importancia del contacto humano. Dará oportunidad de que se experimenten situaciones humanas de aprendizaje. Contribuirá al análisis de problemas. Promoverá el intercambio de opiniones sobre temas de inquietud común. Se ubicará en su medio actual y futuro.



## **0103 TEORÍA DE LA ORGANIZACIÓN**

Entender la evolución de las organizaciones ante la diversidad de las personas que participan y los cambios tecnológicos. Describir y diferenciar los tipos de organizaciones y el papel participativo del individuo. Conocer los elementos que intervienen dentro de la organización y hacia el entorno. Identificar los aspectos estructurales de autoridad de control y de efectividad en los grupos de trabajo.

## **0104 COMUNICACIÓN CIENTÍFICA**

Un aspecto central del quehacer científico es la comunicación que se hace de sus resultados. Los profesionales de la química aprendemos, en la práctica, cómo comunicar nuestros resultados a nuestros colegas y a nuestros alumnos, pero no al público en general. En este curso se aborda este problema –la divulgación científica- a través del estudio de algunos de sus clásicos. El enfoque es predominantemente en la comunicación escrita aunque se hace una breve referencia a otros medios. La parte principal del curso es la lectura y discusión de documentos clásicos. La lista se propone con la intención de enriquecerla y modificarla permanentemente.

## **ASIGNATURAS OPTATIVAS DISCIPLINARIAS**

### **0142 BIOTECNOLOGÍA**

Familiarizar al alumno con los nuevos desarrollos biotecnológicos en las áreas de alimentos, farmacéutica y médica. Conocer la aplicación de la tecnología del ADN recombinante para la modificación de microorganismos, plantas y animales con el fin de obtener nuevos productos de aplicación industrial. Obtener criterios para determinar la seguridad de los productos obtenidos con estas metodologías.

### **0147 TECNOLOGÍA ENZIMÁTICA**

Describir el mecanismo de actividad enzimática y los factores que determinan la velocidad de catálisis. Revisar los métodos de producción de biocatalizadores y su

aplicación en biorreactores. Describir los procesos industriales en los que se aplican enzimas.

### **0222 LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA**

Estructurar un panorama general en torno al trabajo asociado a la Microbiología Industrial. Desarrollar buenas prácticas en el laboratorio de microbiología. Aplicar las técnicas básicas para el estudio de los microorganismos. Seleccionar condiciones nutricionales y de cultivo para los diferentes grupos microbianos. Aplicar correctamente agentes físicos y químicos para regular el crecimiento y control microbianos. Caracterizar a los microorganismos en función de sus requerimientos nutricionales y de su metabolismo. Llevar a cabo fermentaciones alcohólica y láctica. Obtener biomasa, metabolitos primarios y secundarios.

### **0254 MICROBIOLOGÍA GENERAL**

Explicar la importancia de los microorganismos en la vida y su estudio. Reconocer los grupos microbianos y diferenciar cada uno de ellos por sus características morfológicas y fisiológicas. Enumerar los criterios para la clasificación de los microorganismos. Describir las interacciones de los microorganismos con el medio ambiente, otros microorganismos y el hombre. Analizar las técnicas utilizadas para el estudio de los microorganismos y describir sus fundamentos. Aplicar correctamente los métodos de control de crecimiento microbiano y determinar el uso de los mismos en diferentes casos. Explicar las bases de la recombinación genética y sus consecuencias.

### **0206 08 BIOQUÍMICA GENERAL**

El alumno conocerá y comprenderá de manera general: a) Los procesos químicos más significativos en la estructura y función celular. b) Las diferencias y semejanzas entre células Procariotas y Eucariotas e Identificará las relaciones evolutivas entre ambas. c) La comprensión de en qué consiste, cómo se transmite y cómo se expresa la información genética.

## **0204 ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO**

A través de la administración de proyectos, enseñar al estudiante a desarrollar habilidades para identificar los riesgos que impactarán en el proyecto, saber cómo valorarlos y aprender a desarrollar las respuestas para su control. Que el estudiante comprenda qué eventos de incertidumbre existen en cualquier ambiente de proyectos, y cómo se puede influir en los resultados del proyecto, convirtiendo la incertidumbre en eventos de probabilidad. Enseñar al estudiante qué debe de hacer para administrar el riesgo; que identifique cuáles son los riesgos y disparadores, su severidad, probabilidad e impacto económico, cuáles deben de ser las acciones que tienen que realizar para administrar el riesgo y llevar su monitoreo y control, para aplicar las acciones correctivas adecuadas.

## **0205 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

Conocer y aplicar las funciones de la Administración para dirigir los esfuerzos de un grupo de personas integradas en un equipo de trabajo para el logro de un proyecto de ingeniería para la industria química.

## **0207 CATÁLISIS I**

Los alumnos explicarán la importancia de la catálisis heterogénea en procesos químicos. "Los alumnos comprenderán cómo se relaciona la estructura de los materiales con la reactividad catalítica y los factores que lo modifican. \*Los alumnos conocerán los principales métodos de preparación de catalizadores, la caracterización básica de los mismos y las expresiones para la actividad y selectividad de reacciones catalíticas. \*Los alumnos deberán ser capaces de utilizar los conceptos enseñados para explicar el comportamiento de sistemas catalíticos específicos.

## **0212 CATÁLISIS II**

El alumno conocerá y comprenderá los principios fisicoquímicos de las etapas que se requieren para llevar un catalizador desde el laboratorio hasta su aplicación industrial.

### **0213 DISEÑO DE EQUIPO**

Dar al alumno los conocimientos necesarios para traducir los resultados del dimensionamiento básico del equipo de proceso, en documentos de diseño que le permitan seleccionar el equipo más adecuado y especificarlo técnicamente, tomando en cuenta los aspectos del proceso y los relacionados con la parte mecánica y eléctrica asociada, incorporando el empleo adecuado de los códigos, normas y estándares de diseño relacionados con el equipo de que se trate. Proporcionar al alumno los criterios necesarios para diseñar el equipo de tal manera que considere la viabilidad de ser fabricado, transportado, instalado y operado en forma confiable y económica. Desarrollar en el alumno la capacidad de comunicar los resultados del diseño a través de hojas de datos, dibujos y especificaciones claras.

### **0218 INGENIERÍA BIOQUÍMICA**

Familiarizar a los estudiantes con los fundamentos de la ingeniería bioquímica y los bioprocesos. Las unidades están diseñadas para interesar al estudiante en profundizar más en esta importante área profesional de la ingeniería química.  
**Nota:** No es necesario contar con antecedentes de biología más de los del nivel bachillerato.

### **0219 INGENIERÍA DE SISTEMAS I**

Este curso tiene por principal objetivo introducir al alumno en los conceptos básicos de la Teoría de Sistemas, como un nuevo paradigma de análisis de fenómenos científicos, tecnológicos y económicos. En efecto, la Teoría de Sistemas, considera la necesidad de analizar los fenómenos bajo la óptica de un conjunto interrelacionado de elementos, que permiten acceder a la epistemología

de un sistema y de sus procedimientos de análisis, síntesis y modelación. La aplicación de la Teoría de Sistemas, da lugar a una nueva disciplina del conocimiento, la Ingeniería de Sistemas, que puede definirse como la intersección de diferentes áreas científicas y tecnológicas, de la investigación de operaciones, de los sistemas de información y de las estrategias globales de una empresa o de una organización, así como de sus estrategias tecnológicas, entre otras. Durante el curso, el alumno aprenderá y aplicará los conceptos y principios más importantes de la Teoría de Sistemas y, enseguida de la Ingeniería de Sistemas, en particular, de la Ingeniería de los Sistemas Industriales. Los estudios de caso en donde encontrarán aplicación práctica tanto la Teoría de Sistemas como la Ingeniería de los Sistemas Industriales, completarán el aprendizaje y los procedimientos lógicos del nuevo discurso del análisis, síntesis y modelación de fenómenos complejos.

## **0220 INGENIERÍA DE SISTEMAS II**

La investigación en el campo de la estrategia de una organización puede, desde un punto de vista global, dividirse en aquélla que se interesa en el contenido de la estrategia y la que privilegia el proceso de decisión. Sobre la primera, es importante que el alumno conozca y se prepare sobre el concepto de “intención estratégica y competencias básicas” (core competences) así como en el enfoque cognoscitivo del proceso de decisión estratégica. De lo anterior sobresale que la estrategia de una organización debe sobre todo, ser comprendida como una emanación de las estrategias de actores que se articulan y se concretan en la acción. La estrategia de la organización emerge de las interdependencias y de las interacciones entre actores a través de un procedimiento racional colectivo.

## **0221 INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE POLÍMEROS**

Al finalizar el curso, los alumno explicarán los procesos de síntesis de macromoléculas, incluyendo mecanismos de reacción en reactores intermitentes, continuos y semicontinuos. Además manejarán las principales técnicas de caracterización de materiales poliméricos y analizarán las aplicaciones, manejo y

formulación de polímeros en el campo de los plásticos, fibras, elastómeros, recubrimientos y adhesivos.

### **0237 LABORATORIO DE CATÁLISIS**

Los alumnos aplicarán los conocimientos adquiridos en los cursos teóricos del módulo, para llevar a cabo en el laboratorio la síntesis, caracterización y evaluación catalítica de un catalizador.

### **0238 LABORATORIO DE POLÍMEROS I**

Aplicar en sistemas reales los conocimientos adquiridos en los cursos de polímeros así como la integración de los conceptos de los cursos fundamentales de Ingeniería Química, con el objeto de empatar la experiencia práctica con los modelos matemáticos desarrollados a partir de ecuaciones de cambio - primeros principios, balances de especies y calor – de los procesos relacionados a la ciencia de los polímeros. Este primer curso se ha enfocado primordialmente a los aspectos de síntesis y caracterización de polímeros.

### **0239 LABORATORIO DE POLÍMEROS II**

Aplicar en sistemas reales los conocimientos adquiridos en los cursos de polímeros así como la integración de los conceptos de los cursos fundamentales de Ingeniería Química, con el objeto de empatar la experiencia práctica con los modelos matemáticos desarrollados a partir de ecuaciones de cambio - primeros principios, balances de especies y calor – de los procesos relacionados a la ciencia de los polímeros. Este curso primordialmente a los aspectos de caracterización reológica y procesos de transformación de materiales poliméricos.

### **0256 MATEMÁTICAS APLICADAS I**

El curso está enfocado a que el alumno: 1. Profundice sus conocimientos en las propiedades, métodos y soluciones de las ecuaciones diferenciales, tanto ordinarias como parciales. 2. Sea capaz de aplicar estos conocimientos en el

análisis y solución de problemas de Ingeniería Química. 3. Desarrolle o mejore sus capacidades analíticas y de abstracción que le permitan plantear y analizar problemas para el desarrollo de modelos específicos en las diversas áreas de la Ingeniería Química.

### **0265 MATEMÁTICAS APLICADAS II**

El curso está enfocado a que el alumno: 1. Profundice sus conocimientos en las propiedades, métodos y soluciones de las ecuaciones diferenciales, tanto ordinarias como parciales. 2. Sea capaz de aplicar estos conocimientos en el análisis y solución de problemas de Ingeniería Química. 3. Desarrolle o mejore sus capacidades analíticas y de abstracción que le permitan plantear y analizar problemas para el desarrollo de modelos específicos en las diversas áreas de la Ingeniería Química.

### **0267 MATEMÁTICAS APLICADAS III**

El curso está enfocado a que el alumno: 1. Profundice sus conocimientos en las propiedades, métodos y soluciones de las ecuaciones diferenciales, tanto ordinarias como parciales. 2. Sea capaz de aplicar estos conocimientos en el análisis y solución de problemas de Ingeniería Química. 3. Desarrolle o mejore sus capacidades analíticas y de abstracción que le permitan plantear y analizar problemas para el desarrollo de modelos específicos en las diversas áreas de la Ingeniería Química.

### **0272 MODELADO Y SIMULACIÓN DE PROCESOS POLIMÉRICOS**

Aplicar los conocimientos adquiridos en los cursos de polímeros previos, así como la integración de los conceptos de los cursos fundamentales de ingeniería química, con el objeto de desarrollar modelos matemáticos a partir de ecuaciones de cambio (primero principios, balances de especies y de energía) de los procesos relacionados a la ciencia de los polímeros. Se considera principalmente la resolución de sistemas de ecuaciones diferenciales mediante programación,

paquetes matemáticos o simuladores de procesos de polimerización comerciales o propios.

### **0273 PROTECCIÓN AMBIENTAL I**

El alumno reforzará los conocimientos teóricos sobre aspectos básicos de la contaminación atmosférica y la asociada a residuos sólidos así como a la contaminación asociada a las sustancias y residuos peligrosos. El alumno profundizará en el conocimiento del marco jurídico y legal además de la normatividad vigente asociadas a los tipos de contaminación antes mencionadas. En el laboratorio, el alumno realizará prácticas que le permitirán conocer las técnicas analíticas más usuales para la evaluación y control de la contaminación por emisiones gaseosas. También conocerá las técnicas analíticas utilizadas para la clasificación, manejo y reciclaje de algunos residuos sólidos. Por otro lado, el alumno incursionará en el manejo de las técnicas analíticas para la clasificación de sustancias y residuos peligrosos.

### **0274 PROTECCIÓN AMBIENTAL II**

El alumno adquirirá conocimientos teóricos de alto nivel y adquirirá habilidades para el trabajo experimental en materia de cuantificación, control, manejo y prevención de la contaminación de agua y de suelos. El alumno deberá ser capaz de establecer estrategias para el acondicionamiento y tratamiento de agua y de aguas residuales a partir de los resultados de los análisis químicos y fisicoquímicos aplicados a éstas. Asimismo, el alumno aprenderá a manejar y a tratar los lodos fisicoquímicos y / o biológicos que se generan en los sistemas de tratamiento de aguas. Por otro lado, con base en las características de los suelos y de los contaminantes presentes en éstos, el alumno deberá ser capaz de establecer conceptualmente técnicas que permitan una adecuada recuperación de un suelo para un objetivo específico.

### **0275 PROTECCIÓN AMBIENTAL III**



El alumno adquirirá conocimientos teóricos y desarrollará habilidades que le permitirán profundizar por cuenta propia en el manejo de herramientas ambientales, como son, las auditorías ambientales y los estudios de impacto ambiental. De igual forma, le permitirán conocer el contenido e importancia de los procedimientos ISO 9000 e ISO 14000. Se pretende que al final del curso el alumno sea capaz de integrarse y / o dirigir a equipos de trabajo multidisciplinarios que realicen proyectos de prevención, control y gestión de la contaminación en la industria mediante la aplicación de procedimientos estandarizados, todo lo anterior con dos enfoques principales siendo el primero el cumplimiento de la legislación y normatividad ambiental vigente y el segundo enfoque siendo la protección al ambiente mediante la aplicación de técnicas de prevención, manejo y control de la contaminación maximizando el reúso y reciclaje de insumos y subproductos y minimizando la emisión de desechos líquidos, sólidos y gaseosos.

### **0276 REOLOGÍA Y PROCESAMIENTO DE POLÍMEROS**

El curso de Reología y Procesamiento de Polímeros está enfocado a que los alumnos: a) Adquieran los conocimientos de los principios físicos fundamentales de la reología y de las operaciones de procesamiento de polímeros. b) Establezcan el papel que desempeñan las propiedades reológicas durante el procesamiento de polímeros. c) Sean capaces de caracterizar un fluido viscoelástico e interpretar datos reológicos. d) Conozcan las principales operaciones de procesamiento de polímeros. Esta asignatura permite integrar conocimientos de las otras materias del área de polímeros y de materias específicas de ingeniería química. Por el tipo de problemas que se analizarán se requiere del conocimiento y aplicación de los fenómenos de transporte y, por su enfoque práctico, de los cursos de ingeniería, básicamente de Ingeniería de Fluidos e Ingeniería de Calor, sin descartar Procesos de Separación e Ingeniería de Reactores.

### **0214 ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN I**

El alumno al finalizar el curso, tendrá un mayor conocimiento del desarrollo de mercados internacionales, completando los puntos aprendidos en la Ingeniería Económica I, así como un conocimiento de técnica y herramientas que buscan la excelencia en las empresas.

### **0215 ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN II**

Al finalizar el curso el alumno, tendrá un panorama claro de las Finanzas Políticas y tendrá una serie de conceptos fundamentales sobre las tareas financieras dentro de una empresa y su relación con el mercado de capitales.

### **0216 ESTANCIA ACADÉMICA**

Integrar los conocimientos adquiridos previamente para participar en un proyecto académico específico. Definir los parámetros y metodología que faciliten el desarrollo del proyecto. Realizar las acciones requeridas para alcanzar satisfactoriamente los objetivos del proyecto. Obtener un informe final de este proyecto que permita ofrecer el 60% de las bases de una tesis.

### **0217 ESTANCIA PROFESIONAL**

Integrar los conocimientos adquiridos previamente para realizar un proyecto dentro de las instalaciones de una entidad del sector industrial o de servicios relacionados con el área química. Definir los parámetros y metodología que faciliten el desarrollo del proyecto. Realizar las acciones requeridas para alcanzar satisfactoriamente los objetivos del proyecto. Realizar un informe final de este proyecto que permita ofrecer el 60% del avance de una tesis.

## **ANEXO D**

### **CATÁLOGO DE ASIGNATURAS QUE SE PUEDEN CURSAR PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA EN LA FACULTAD DE QUÍMICA**

<b>CLAVE</b>	<b>ASIGNATURA</b>
30	BIOSÍNTESIS MICROBIANA
34	QUÍMICA BIOINORGÁNICA
38	QUÍMICA CUÁNTICA II
46	QUÍMICA DE MATERIALES
67	QUÍMICA ORGÁNICA V
74	ESPECTROSCOPIA APLICADA
75	EQUILIBRIO DE ECOSISTEMAS
81	INTRODUCCIÓN A LA GENOMICA
85	OPTIMIZACIÓN Y PROCESOS DE SÍNTESIS
87	PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SÓLIDOS
88	QUÍMICA COMPUTACIONAL
93	TERMODINÁMICA IRREVERSIBLE LINEAL
95	ECONOMÍA Y SOCIEDAD
96	FILOSOFÍA DE LA CIENCIA
97	FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACIÓN
99	PENSAMIENTO Y APRENDIZAJE
100	PSICOLOGÍA DEL TRABAJO HUMANO
102	RELACIONES HUMANAS
104	COMUNICACIÓN CIENTÍFICA
105	DESARROLLO ANALÍTICO
106	DESARROLLO FARMACÉUTICO
107	FARMACOGNOSIA
108	FISICOQUÍMICA FARMACÉUTICA

- 109 INGENIERÍA FARMACÉUTICA
- 110 QUÍMICA FARMACÉUTICA
- 111 TECNOLOGÍA FARMACÉUTICA II
- 112 TECNOLOGÍA FARMACÉUTICA III
- 113 APLICACIONES D BIOQUÍMICA Y BIOLOGÍA
- 114 BIOSÍNTESIS Y BIOTECNOLOGÍA
- 115 ENDOCRINOLOGÍA
- 116 FISIOPATOLOGÍA
- 117 HEMATOLOGÍA
- 118 INMUNOLOGÍA APLICADA
- 119 MICOLOGÍA
- 130 MICROBIOLOGÍA AMBIENTAL I
- 132 PARASITOLOGÍA
- 133 VIROLOGÍA
- 134 ADMINISTRACIÓN FARMACÉUTICA
- 136 FARMACOTERAPIA II
- 138 FARMACOVIGILANCIA
- 139 LEGISLACIÓN FARMACÉUTICA
- 141 BIOQUÍMICA EXPERIMENTAL
- 142 BIOTECNOLOGÍA
- 143 ENOLOGÍA
- 144 GENÉTICA Y BIOLOGÍA MOLECULAR
- 146 MALTA Y CERVEZA
- 147 TECNOLOGÍA ENZIMÁTICA
- 148 TECNOLOGÍA DE FERMENTACIONES
- 151 DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS
- 152 ENVASES PARA ALIMENTOS
- 153 FUNCIONALIDAD DE INGREDIENTES Y ADI
- 155 LEGISLACIÓN Y NORMATIVIDAD
- 156 INOCUIDAD ALIMENTARIA
- 158 TÉCNICA AVANZADAS EN MICROBIOL.

164	FISIOLOGÍA
165	NUTRICIÓN HUMANA
167	CONFITERÍA
169	PANIFICACIÓN
170	PRODUCTOS PESQUEROS Y ACUÍCOLAS
171	TECNOLOGÍA DE CEREALES
172	TECNOLOGÍA DE FRUTAS Y HORTALIZAS
173	TECNOLOGÍA DE LACTEOS
177	PRODUCTOS CÁRNICOS
185	METALURGIA DE ALEACIONES COLADAS BAS
186	METALURGIA DE HIERROS COLADOS
187	METALURGIA DE POLVOS Y SOLDADURA
190	TECS SELECTAS P MODEL MAT EN ING D P
204	ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO
205	ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS
206	BIOQUÍMICA GENERAL
207	CATÁLISIS I
212	CATÁLISIS II
213	DISEÑO DE EQUIPO
214	ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN I
215	ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN II
216	ESTANCIA ACADÉMICA
217	ESTANCIA PROFESIONAL
221	INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE POLÍMEROS
222	LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA
238	LABORATORIO DE POLÍMEROS I
239	LABORATORIO DE POLÍMEROS II
254	MICROBIOLOGÍA GENERAL
256	MATEMÁTICAS APLICADAS I
265	MATEMÁTICAS APLICADAS II
267	MATEMÁTICAS APLICADAS III

272 MODELADO Y SIMULACIÓN DE PROCESOS PO  
273 PROTECCIÓN AMBIENTAL I  
274 PROTECCIÓN AMBIENTAL II  
275 PROTECCIÓN AMBIENTAL III  
276 REOLOGÍA Y PROCESAMIENTO DE POLÍMERO  
277 HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA QUÍMICA  
1089 CIENCIA Y ARTE I  
1090 CIENCIA Y ARTE II  
1102 ÁLGEBRA  
1103 CINEMATICA Y DINÁMICA  
1109 PROGRAMACION Y COMPUTACION  
1110 ÁLGEBRA SUPERIOR  
1111 CÁLCULO I  
1112 CIENCIA Y SOCIEDAD  
1113 FÍSICA I  
1114 QUÍMICA GENERAL I  
1201 CAL. DE FUN. DE VAR. VARIABLES  
1202 ECUACIONES DIFERENCIALES  
1203 ELECTROMAGNETISMO  
1205 CÁLCULO II  
1206 ESTRUCTURA DE LA MATERIA  
1209 FÍSICA II  
1210 LABORATORIO DE FÍSICA  
1211 QUÍMICA GENERAL II  
1212 TERMODINÁMICA  
1214 BIOLOGÍA CELULAR  
1302 ESTADÍSTICA  
1303 BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA  
1304 QUÍMICA INORGÁNICA  
1305 QUÍMICA ORGÁNICA I  
1306 FENÓMENOS DE TRANSPORTE

1307 ECUACIONES DIFERENCIALES  
1308 EQUILIBRIO Y CINÉTICA  
1309 FUNDAMENTOS DE ESPECTROSCOPIA  
1310 QUÍMICA INORGÁNICA I  
1311 QUÍMICA ORGÁNICA I  
1314 FUNDAMENTOS DE METALURGIA Y MATERIAL  
1315 METALURGIA Y SOCIEDAD  
1316 BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA  
1345 QUÍMICA ORGÁNICA I  
1348 FISIOLOGÍA  
1356 QUÍMICA ANALÍTICA II  
1400 ESTADÍSTICA  
1401 FISICOQUÍMICA DE IONICA Y ELECTRODIO  
1402 QUÍMICA ANALÍTICA I  
1403 FLUJO DE FLUIDOS  
1404 QUÍMICA CUÁNTICA I  
1407 QUÍMICA ORGÁNICA II  
1408 FARMACOLOGÍA I  
1409 MÉTODOS NUMÉRICOS  
1410 MICROBIOLOGÍA GENERAL  
1411 QUÍMICA ORGÁNICA II  
1412 QUÍMICA ORGÁNICA II  
1413 QUÍMICA ORGÁNICA II  
1414 QUÍMICA DEL ESTADO SÓLIDO  
1417 EQUILIBRIO FISICO  
1419 EQUILIBRIO DE FASES EN METALURGIA Y  
1420 INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA E INGENIER  
1422 INTRODUC. A LA ING. DE PROCESOS META  
1424 MÉTODOS NUMÉRICOS  
1425 FUNDAMENTOS METALURGIA FÍSICA  
1426 TERMODINÁMICA QUÍMICA

- 1427 TERMODINÁMICA METALURGICA II
- 1428 TRANSFERENCIA DE MOMENTUM
- 1432 ONDAS Y ÓPTICA
- 1434 QUÍMICA DEL ESTADO SÓLIDO
- 1435 COMPUESTOS CON C. H. Y HALOGEN
- 1437 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS
- 1445 QUÍMICA ORGÁNICA II
- 1447 FISICOQUÍMICA FARMACÉUTICA
- 1448 MICROBIOLOGÍA GENERAL
- 1456 QUÍMICA ANALÍTICA III
- 1487 FISICOQUÍMICA SUP.Y CINET.QUIM
- 1500 FIOLOGÍA MICROBIANA
- 1502 FISICOQUÍMICA DE INTERFASES
- 1503 METROLOGÍA
- 1504 QUÍMICA ANALÍTICA II
- 1506 QUÍMICA ORGÁNICA III
- 1507 ANALÍTICA EXPERIMENTAL I
- 1508 BIOQUÍMICA
- 1509 FARMACOLOGÍA II
- 1510 QUÍMICA COVALENTE
- 1512 DISEÑO DE EXPERIMENTOS
- 1514 FISICOQUÍMICA DE ALIMENTOS
- 1515 MICROBIOLOGÍA EXPERIMENTAL
- 1519 QUÍMICA DE ALIMENTOS I
- 1521 QUÍMICA ORGÁNICA III
- 1528 ANÁLISIS DE SISTEMAS REACCIONANTES E
- 1530 BENEFICIO DE MINERALES
- 1531 METALURGIA QUÍMICA EXPERIMENTAL
- 1532 TRANSFORMACIONES DE FASE
- 1533 TRANSPORTE DE ENERGÍA
- 1538 CINÉTICA QUÍMICA Y CATÁLISIS



1540 ELECTROQUÍMICA  
1542 FENÓMENOS DE SUPERFICIE  
1543 INGENIERÍA DE FLUIDOS  
1544 LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA I  
1547 TRANSFERENCIA DE ENERGÍA  
1602 ANALÍTICA EXPERIMENTAL I  
1603 CINÉTICA QUÍMICA  
1604 QUÍMICA ANALÍTICA III  
1606 QUÍMICA ORGÁNICA IV  
1607 ANALÍTICA EXPERIMENTAL II  
1608 ATENCION FARMACÉUTICA  
1609 BACTERIOLOGÍA  
1610 BACTERIOLOGÍA EXPERIMENTAL  
1612 QUÍMICA ANALÍTICA INSTRUMENTAL I  
1614 TOXICOLOGÍA  
1618 LABORATORIO DE ALIMENTOS I  
1619 MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS  
1620 NUTRICIÓN  
1622 QUÍMICA DE COORDINACIÓN  
1624 QUÍMICA ORGANOMETÁLICA  
1628 QUÍMICA ORGÁNICA III  
1630 GENÉTICA Y BIOLOGÍA MOLECULAR  
1631 FUNDAMENTOS DE PROCESADO ELECTROMETA  
1632 PIROMETALURGIA  
1638 TRATAMIENTOS TÉRMICOS  
1639 TRANSPORTE DE MASA  
1640 INGENIERÍA DE CALOR  
1642 INGENIERÍA DE REACTORES I  
1643 INGENIERÍA ECONÓMICA I  
1644 LABORATORIO UNIFICADO DE FISICOQUÍMICA  
1646 LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA II

1649 TRANSFERENCIA DE MASA  
1700 ANALÍTICA EXPERIMENTAL II  
1701 BIOQUÍMICA GENERAL  
1703 LABORATORIO UNIFICADO DE FISICOQUIMI  
1705 ANÁLISIS DE MEDICAMENTOS  
1706 BIOFARMACIA  
1708 INMUNOLOGÍA GENERAL  
1709 TECNOLOGÍA FARMACÉUTICA I  
1711 CALIDAD  
1712 EVALUACIÓN SENSORIAL  
1715 LABORATORIO DE ALIMENTOS II  
1716 PROCESOS DE ALIMENTOS  
1722 QUÍMICA DE ALIMENTOS II  
1724 QUÍMICA DE ALIMENTOS III  
1727 TOXICOLOGÍA DE ALIMENTOS  
1728 ANÁLISIS NUMERICO EN FENÓMENOS DE TR  
1730 COMPORTAMIENTO MECÁNICO  
1731 CORROSIÓN Y PROTECCIÓN  
1732 HIDROMETALURGIA  
1736 INGENIERÍA ECONÓMICA  
1739 SOLIDIFICACIÓN  
1740 INGENIERÍA DE REACTORES II  
1742 INGENIERÍA AMBIENTAL  
1743 INGENIERÍA ECONÓMICA II  
1749 LABORATORIO D INGENIERÍA QUÍMICA III  
1750 PROCESOS DE SEPARACIÓN  
1802 ANALÍTICA EXPERIMENTAL III  
1803 QUÍMICA ANALÍTICA INSTRUMENTAL II  
1804 SEMINARIO I  
1805 TRABAJO DE INVESTIGACIÓN I  
1806 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

1807	BIOQUÍMICA CLINICA
1809	LAB. DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
1810	CONFORMADO MECÁNICO
1811	ELECTROMETALURGIA
1815	FUNDICIÓN
1816	ING. DE PROCESOS METALÚRGICOS Y DE M
1817	DISEÑO DE PROCESOS
1819	DINÁMICA Y CONTROL DE PROCESOS
1823	LABORATORIO D INGENIERÍA QUÍMICA IV
1824	TALLER DE PROBLEMAS
1903	SEMINARIO II
1904	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN II
1905	ESTANCIA ESTUDIANTIL
1906	ESTANCIA
1907	ANÁLISIS DE FALLAS
1908	INGENIERÍA DE ALEACIONES
1909	PROYECTO
1911	SIDERURGIA
1912	INGENIERÍA DE PROYECTOS

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

**Título:** Caballeros y empresarios

**ISBN:** 8432131059

**Editorial:** Ediciones Rialp

**Autor(es):** Jesús María Zaratiegui

**Fecha de publicación:** 1 Marzo 1996

**Páginas:** 208

**Título:** Scaling Up

**ISBN:** 0792366921

**Editorial:** Springer

**Autor(es):** Colin Divall, Sean Johnston

**Fecha de publicación:** 1 Enero 2001

**Páginas:** 350

**Título:** Chemical Engineering

**ISBN:** 0444513094

**Editorial:** Elsevier

**Autor(es):** R. C. Darton, D. G. Wood, R. G. H. Prince

**Fecha de publicación:** 21 Mayo, 2003

**Páginas:** 150

**Título:** Determinants in the Evolution of the European  
Chemical Industry, 1900-1939

**ISBN:** 0792348907

**Editorial:** Springer

**Autor(es):** Anthony S Travis, Harm G Schroter

**Fecha de publicación:** 31 Octubre, 1998

**Páginas:** 300

**Título:** Chemical Engineering

**ISBN:** 0444513094

**Editorial:** Elsevier

**Editor(es):** R. C. Darton, D. G. Wood, R. G. H. Prince

**Fecha de publicación:** 21 Mayo 2003

**Páginas:** 150

**Título:** Frontiers in Chemical Engineering

**ISBN:** 030903793X

**Editorial:** National Academies Press

**Autor(es):** National Research Council (U. S.)

**Fecha de publicación:** 1 Febrero 1988

**Título:** The Chemical Industry in Europe, 1850-1914

**ISBN:** 0792348893

**Editorial:** Springer

**Autor(es):** Anthony Selwyn Travis, Harm G. Schröter, Ernst  
Homburg

**Fecha de publicación:** 1 Septiembre 1998

**Páginas:** 344

**Título:** New Deals

**ISBN:** 0521457556

**Editorial:** Cambridge University Press

**Autor(es):** Hottel, Colin

**Fecha de publicación:** 1 Octubre 1994

**Páginas:** 343

<http://en.wikipedia.org/wiki/DuPont>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Monsanto#History>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Dow\\_Chemical#History](http://en.wikipedia.org/wiki/Dow_Chemical#History)

[http://www.quimica.unam.mx/cont\\_espe2.php?id\\_rubrique=60&id\\_article=756&color=227AB9&rub2=60](http://www.quimica.unam.mx/cont_espe2.php?id_rubrique=60&id_article=756&color=227AB9&rub2=60)

[http://www.quimica.unam.mx/materias.php?id\\_rubrique=92&id\\_article=1613&color=227AB9&rub2=92](http://www.quimica.unam.mx/materias.php?id_rubrique=92&id_article=1613&color=227AB9&rub2=92)

<http://web.mit.edu/cheme/>

<http://web.mit.edu/cheme/academics/undergrad/index.html>

<http://web.mit.edu/afs/athena.mit.edu/org/c/catalogue/degre.engin.ch10.shtml>

<http://student.mit.edu/catalog/extsearch.cgi>

<http://student.mit.edu/catalog/viewcookie.cgi>