



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

"ANÁLISIS Y MODIFICACIONES AL PROGRAMA PARA  
EL ESTUDIO DE REACTORES HOMOGÉNEOS Y  
HETEROGÉNEOS, SIN CATALISIS"

T E S I S

Que para obtener el Título de  
INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a

ELVIA CONSUELO DOMINGUEZ JON

México, D. F.

1986



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

# C O N T E N I D O

	Pág.
Introducción _____	1
Agradecimientos _____	6
<u>Capítulo 1</u>	
Antecedentes _____	7
<u>Capítulo 2</u>	
Análisis del programa actual de las materias Ingeniería Química VII y VIII _____	49
<u>Capítulo 3</u>	
Relaciones Interdisciplinarias _____	71
<u>Capítulo 4</u>	
I. Libros sobre la materia _____	113
II. Selección del libro de texto _____	158
III. Programa Propuesto _____	180
<u>Capítulo 5</u>	
Colección de planes de estudio de las universidades e institutos tecnológicos que imparten la carrera de Ingeniería Química _____	219
<u>Capítulo 6</u>	
Conclusiones _____	306
<u>Capítulo 7</u>	
Información Bibliográfica _____	341

## INTRODUCCION

La UNAM realiza actualmente trabajos de reforma universitaria en todas las áreas, a través de sus dependencias académicas, para marchar paralelamente con la dinámica del país y como respuesta al compromiso adquirido con la nación en materia de planeación y continuo perfeccionamiento de la educación. Pues, todo sistema educativo, debe adaptarse a las nuevas tendencias que marcan la oscilación de la economía, el mercado de trabajo, el crecimiento demográfico y otros factores que inciden en la enseñanza superior.

La Facultad de Química, por tal motivo, lleva a cabo una serie de proyectos coordinados, entre los que se destaca la revisión y actualización de planes y programas de estudio.

Dentro de tal proyecto, se contempla la reestructuración total del currículo correspondiente a la carrera de Ingeniería Química, y consiguientemente, se redefinirán los esquemas de las asignaturas. Para obtener de este proceso, resultados objetivos, se ha pedido la intervención de todos los elementos que integran la comunidad de nuestra Facultad, recogiéndose las diversas opiniones y sugerencias al respecto. Hecho que ha sido la motivación para efectuar el presente trabajo y así participar en estos esfuerzos por mejorar el diseño de planes y programas, para hacerlos más eficaces y operativos.

La tesis tiene como propósito fundamental, el proponer un esquema de carta descriptiva para la disciplina de Ingeniería Química VII ó Ingeniería de Reactores Homogéneos. Una investigación preliminar (primeros capítulos), que dá a conocer la situación particular del plan de estudios de la carrera y de los programas



de Ingeniería Química VII y VIII, sirve de base para la propuesta.

Solamente así, realizando una evaluación previa, es posible determinar los cambios o ajustes pertinentes.

Otras finalidades que también se persiguen con la investigación realizada son:

1. El servir como otro documento más de estudio y análisis, para futuras planeaciones educativas que lleven a optimizar la labor de formación de recursos humanos.
2. Exponer ideas sobre aspectos que por una u otra razón han sido poco tratados.
3. Conducir al establecimiento de criterios realistas y consistentes para un permanente mejoramiento de planes y programas de estudio.
4. Proporcionar elementos que puedan ayudar en la estructura ción de futuros cursos.
5. Contribuir a la vida académica y formar parte de los recursos bibliográficos en materia educacional para el área de Ingeniería Química e Ingeniería de Reactores.
6. Consolidar, procesar y poner toda información útil y pertinente en forma concisa, para que pueda ser consultada por profes ionales y estudiantes que se interesen o preocupen por el mejora miento de la enseñanza.

La serie de proposiciones hechas en el contenido de estas pá ginas, no pretende ser exhaustiva, ya que se reconoce la magnitud de la variedad de puntos de vista y criterios que pueden surgir en torno a una política educativa. Igualmente, la aplicación de los lineamientos que aquí se recomiendan, se piensa aporten expe riencias concretas para identificar aquellos que sean de mayor re levancia y utilidad.

El lector encontrará consideraciones que creo, lo ayudarán a comprender la trascendencia de la planeación de la educación superior, objeto de atención creciente en los últimos años y que se espera continúe siéndolo en el futuro para que se convierta en un ejercicio permanente, permitiendo mantener actualizados en todo momento los estudios de licenciatura.

Los diferentes aspectos tratados en este trabajo se distribuyen sobre siete capítulos:

El primer capítulo, aborda consideraciones generales desde una perspectiva histórica. Constituye una introducción al conocimiento de la evolución y estado actual de los planes de licenciatura y programas de Ingeniería Química VII y VIII. Se señala la importancia de estas materias y la fecha que marca su inclusión dentro del plan de estudios.

El siguiente capítulo analiza detalladamente, el programa actual de estas asignaturas. El análisis se realiza tomando en cuenta tres enfoques: el industrial, académico y didáctico.

Realizando una crítica constructiva, se ponen de relieve las principales aportaciones, los inconvenientes y las diferencias en relación con antiguos programas. Se describen también los procedimientos o métodos personales que los catedráticos han desarrollado para impartir con mayor efectividad ambas disciplinas.

Y para finalizar, se hacen algunas observaciones importantes sobre el factor que ha influido determinantemente en el progreso de la Ingeniería de Reactores y su enseñanza.

En el tercer capítulo se discute, con la amplitud necesaria, la trascendencia académica e industrial, de las relaciones interdisciplinarias como los lazos indisolubles que existen entre to-

das las asignaturas y la Ingeniería de Reactores para lograr su mutua comprensión, y aplicación.

Una alternativa para el curso de Ingeniería Química VII se propone en el capítulo cuatro. Se dá comienzo, con una investigación documental en torno a la bibliografía existente (libros) en la materia como marco de ubicación, para el posterior establecimiento del libro de texto adecuado al programa propuesto y los indicadores utilizados en su elección.

Concluye el capítulo con la formulación del modelo sugerido, desarrollándose paso a paso los elementos que se definen como indispensables para su elaboración. Se le ha conferido suficiente flexibilidad como para que los métodos propuestos, por su grado de generalidad, sean posibles de aplicar a múltiples situaciones y por un sinnúmero de personas.

El quinto capítulo reúne material que permitirá formar una visión clara en cuanto a la función de un plan de estudios, su elaboración y las factibles formas de estructuración que puede presentar.

Con esta base, ulteriormente se pone a consideración del lector, siguiendo el orden alfabético de las entidades federativas, una relación de los planes para la carrera de Ingeniero Químico implantados por todas las instituciones de educación superior en México.

La inclusión de este capítulo, obedece al hecho de que se juzgó necesario el proporcionar una información más detallada, acerca de los diferentes perfiles académicos que existen para la misma profesión, con el fin de que el lector forme su propio juicio u opinión al examinar el plan impartido por la Facultad y com

pararlo con el de las demás escuelas profesionales. Así, dicho conocimiento podrá ser útil al proyectar y diseñar futuros planes o programas.

Comentarios finales, aportación de propuestas y conclusiones definidas son expuestas ordenadamente en el capítulo seis.

Termina la tesis con el capítulo siete, donde se presenta un amplio listado de referencias, que cubre tanto la literatura consultada en la realización del trabajo, como información bibliográfica sobre Cinética e Ingeniería de Reactores que incluye desde las mejores obras existentes en la materia, hasta aquellas que no son del dominio general.

## AGRADECILIENTOS

A continuación deseo expresar mi más sincero agradecimiento a los reconocidos y distinguidos catedráticos que amablemente accedieron a formar parte del jurado, y sin cuyo asesoramiento, no hubiera sido posible el realizar profesionalmente este trabajo.

Mucho estoy en deuda con el Ing. Gerardo Rodríguez Alonso, por su enorme paciencia, y entendimiento hacia mis problemas, así como por haber sido mi director de tesis.

De igual forma, profundamente agradezco al Ing. Alfonso Mondragón Medina su sensible comprensión, orientación y valiosa asistencia profesional; y al Ing. Caritino Moreno Padilla, su gran disposición e invaluable ayuda concedida.

También, el Ing. Héctor Méndez Fregoso y el Ing. Manuel Vázquez Islas, son personas dignas de mencionarse por su alto espíritu de colaboración y generosidad, al ceder parte de su inapreciable tiempo.

A todos ellos, reitero mi respeto, admiración y gratitud por sus oportunos e importantes consejos.

Asimismo, quisiera hacer patente mi reconocimiento a los profesores que durante mi carrera contribuyeron a mi formación universitaria; sin embargo, temo omitir inadvertidamente a alguno, lo cual sería injusto, por lo que me veo penosamente limitada a sólo agradecerles en forma generalizada, sus enseñanzas, y el haber alcanzado los conocimientos y nivel académico necesarios para desarrollar un trabajo.

Por último y no por ello con menos valor, debo manifestar mi gran aprecio y estimación hacia una persona especial: la Sra. Silvia Aguilar, quien siempre me ha brindado su franca amistad y cordial apoyo moral.

**CAPITULO No. 1 .**

**A N T E C E D E N T E S**

Una profesión es el ejercicio de una técnica, sea manual o intelectual. Esencial a la profesión es una tecnología. El profesional ha de ser un experto en una tarea productiva y tener la aptitud para tomar decisiones personales, la capacidad para diferenciar lo esencial de lo secundario, sentido de organización y de síntesis, e imaginación creadora. Todo esto, además del alto grado de inteligencia que exige su ejercicio, es lo que caracteriza a las profesiones superiores, entre las que se sitúa la Ingeniería Química.

Desde el punto de vista profesional, la carrera de Ingeniería Química siempre se ha considerado como una rama aparte e independiente de las demás ingenierías, por el rasgo característico y específico de tratar con todo tipo de reacciones químicas, y llevar éstas desde su fase laboratorio hasta su fase de desarrollo y producción industrial. Así vemos que de todas las materias de la carrera, la distintiva de esta profesión es la denominada "Ingeniería Química", la cual conforma una serie de 8 cursos progresivos y semestrales. Los dos últimos, que tratan el tema de reactores, se distinguen por caracterizar aún en mayor grado a nuestra profesión; actualmente, cada uno de ellos constituye una asignatura, a saber:

Ingeniería Química VII, que comprende, diseño de reactores homogéneos, cinética química y procesos relacionados.

Ingeniería Química VIII, que abarca, diseño de reactores heterogéneos, catálisis y procesos relacionados.

Un estudio histórico de la evolución de los planes de estudio de la carrera de Ingeniero Químico a través del tiempo, nos proporcionará el marco de referencia para situar así el propio de

barrelle de los programas de Ingeniería Química VII y VIII -objeto de estudio-, y establecer las respectivas comparaciones. Lo que implica tener un sucinto conocimiento socio-económico e industrial del país, el cual ayudará a entender con mayor profundidad las diferencias derivadas de dicha comparación.

Se da comienzo a nuestro estudio, haciendo una breve relación histórico-social de la industria química nacional y su respectivo progreso al transcurrir de los años, y la correspondiente etapa de desarrollo del plan educativo y de la profesión de Ingeniería Química.

El progreso de una nación se basa principalmente en su propio desarrollo tecnológico, y desde este punto de vista, podemos decir que México ha manifestado varias etapas de progreso tecnológico<sup>1</sup>:

1. México de la Postguerra, posterior a la Segunda Guerra Mundial, hasta el año de 1960.
2. México Transformándose, desde el año de 1961 hasta el año de 1975, que puede clasificarse como el México de la Industria de Transformación.
3. México en despegue económico, comprendido desde 1976, año de la devaluación monetaria, hasta 1982, o sea el México Tecnológico donde tuvo su principal auge la industria petroquímica.
4. México en crisis, desde el año de 1983 hasta 1987, es decir, el México endeudado o México en crisis económica.

---

<sup>1</sup> Esta división obedece tanto a los acontecimientos políticos que marcan tales períodos de manera más o menos clara, como a una necesidad práctica de presentación.



A continuación, se dará una concisa descripción de estas etapas de progreso nacional; desde un punto de vista global, y estableciendo su relación con los respectivos planes y programas de la carrera de Ingeniería Química.

## 1. MEXICO DE POSTGUERRA, 1945 A 1960.

Durante este período, México se encuentra en un ambiente internacional de destrucción, debido a la Segunda Guerra Mundial, no habiendo entonces mucha tecnología que importar, pues los países en general se hallaban en etapa de reconstrucción nacional y nuestro país perteneciendo al grupo de los internacionalmente conocidos como los "Aliados" que lucharon contra el fascismo de Alemania, trata también de construir la infraestructura nacional que le permitirá desarrollar su economía desde un punto de igualdad social.

Así, en nuestro país se empiezan a desarrollar modestas industrias, y el gobierno comienza la tarea de crear mayor número de presas, carreteras y ampliar la red de comunicaciones y telecomunicaciones, es en esta etapa que nace la televisión en México, se nacionaliza la industria minera y eléctrica, entendiéndose por nacionalización la mayor participación de capital nacional en este tipo de actividades.

Indudablemente los años 40 marcaron el inicio de la industria química moderna en México, aunque resultaba difícil importar productos químicos, por otro lado era fácil exportar materias primas. Tales exportaciones aportaban divisas para la importación de los equipos necesarios en la industria. De esta manera, en los 40's surgió una corriente de estímulos para el desarrollo químico del país.

En el sector educativo, se construye Ciudad Universitaria (1952) y la Facultad de Química pasa de sus antiguas instalaciones en Tacuba a sus edificios en dicha Ciudad, lo que implicó en

sí mismo una reforma o renovación de los planes de estudio de la carrera de Ingeniería Química, pues las condiciones del país permiten el desarrollo de numerosas fábricas de productos químicos.

En las dos décadas de 1940 a 1960, algunas empresas fueron establecidas con capital o iniciativa gubernamentales, pero la mayor parte de las industrias medianas y pequeñas se iniciaron con empresarios y profesionales de la química particulares. En esta etapa histórica, surgieron también grandes empresas privadas debido a la protección decidida que se daba a las nuevas industrias y al apoyo y participación que ya ofrecía la Nacional Financiera. Entre ellas figuran:

Celanese Mexicana, establecida en 1943 y que producía rayón filamento y fibra corta de rayón, con capacidad de setecientas toneladas al año.

Ocotlán de Jalisco, establecida en 1945 y producía acetato filamento con capacidad de 2400 toneladas al año.

Celulosa y Derivados, fundada en 1955, producía rayón de alta tenacidad.

Viscosa de Chihuahua, establecida en 1958, producía rayón.

Nylon de México, instalada en 1960, producía nylon.

Otras industrias importantes en esa época eran: la industria de Altos Hornos de México en Monterrey, la industria de transformación de Aluminio, industria del azúcar, industria vinícola, industria del papel, industria del concreto, industria del vidrio plano.

Si bien la década de los cuarenta determinó el comienzo de la industria química moderna y se caracterizó por la aparición de nuevas empresas en el ramo, especialmente de productos interme-

dios, la década de los 50's se caracterizó por el aumento más acelerado de la fabricación de productos químicos básicos. Hubo un importante incremento en la producción de fertilizantes. Guanos y Fertilizantes de México producía amoníaco sintético a partir de gas natural.

En la década de los 60's tuvo lugar el inicio y desarrollo de la industria petroquímica a raíz de que el Gobierno Federal, en noviembre de 1958, expidió una nueva ley reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia de petróleo. Comenzaba la era de la petroquímica en México. El Gobierno dedica una atención muy especial al cuidado de esta industria. En la nueva ley se reserva a Petróleos Mexicanos el control de los productos básicos, y a las empresas particulares, se les deja abierta la posibilidad de participar -con un mínimo de 60% de capital mexicano-, en la producción de los secundarios.

Se creó la Comisión Petroquímica que analiza los proyectos y recomienda aquellos que convienen al país y a los cuales se les otorga el permiso indispensable.

Los primeros permisos publicados en el Diario Oficial durante 1961, autorizaban la producción de urea, ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico, fertilizantes complejos, granulados, negro de humo, detergentes no iónicos, fenol, emulsiones estireno-butadieno y cetonas. Las empresas que obtuvieron los permisos fueron:

Guanos y Fertilizantes, Negremex, Canamex, Adhesivos Resistol y Química General. Así, la iniciativa privada dió un fuerte impulso a la producción petroquímica secundaria.

El primer programa de la petroquímica básica organizado por PEMEX en aquella época, comprendía los siguientes productos prin-

cipales:

1) Aromáticos. Se instalan en Minatitlán plantas de aromáticos con capacidad de producción de, 112,500 toneladas anuales de benceno; 90,000 toneladas de tolueno; 112,800 toneladas de ortoxileno; 41,000 toneladas de metaxileno y paraxileno; 17,500 toneladas de etilbenceno; y 15,000 toneladas de cumeno.

2) Estireno. En Ciudad Madero, Tamaulipas, se construye una planta con capacidad de 15,000 toneladas anuales para la producción de estireno.

3) Butadieno. También en Ciudad Madero se levanta una planta para producir 30,000 toneladas al año de este material.

4) Polietileno y polipropileno. Dos plantas se destinan para su producción: una en Azcapotzalco, para el polietileno de alta presión, y otra en Ciudad Madero, para el polietileno de baja presión y el polipropileno.

5) Acetaldehído. Salamanca, Guanajuato, se destina para establecer una planta con capacidad de 23,000 toneladas anuales.

6) Dodocilbenceno. 14,800 toneladas al año de dicho producto se producen en una planta situada en Ciudad Madero, a fin de complementar la que funciona en Azcapotzalco.

7) Azufre. Se recupera de los llamados gases amargos de las refinerías y del gas natural, extrayéndolo casi puro. Las refinerías de Azcapotzalco y Peza Rica, recuperan 11,500 toneladas anuales de azufre la primera, y 46,200, la segunda.

8) Etileno. En Azcapotzalco y Salamanca, se sitúan dos plantas para etileno con capacidad de 14,000 toneladas anuales y 15 mil toneladas, respectivamente.

De este modo, se inicia en nuestro país la petroquímica al

establecerse el primer grupo de plantas industriales que producen los materiales básicos, cuyas sucesivas transformaciones dan como resultado una gran variedad de productos de uso y de consumo.

Para que este paso fuera posible, se hizo necesario que la industria petrolera nacional llegara a un grado muy alto de desarrollo produciendo primero la variedad de combustibles, carburantes y lubricantes de consumo: gasolinas, aceite diesel, combustibles, gas para las fábricas y para el hogar, aceites lubricantes, etcétera. Puesto que el punto de partida de la petroquímica son los gases licuados y los productos licuados de la industria petrolera, era preciso que ésta llegara a producirlos en la cantidad y con la calidad indispensables para proporcionarlos a las plantas petroquímicas, sin perjuicio del consumo directo que se hace de e se primer producto del petróleo. Petróleos Mexicanos llevó así a la industria petrolera nacional hasta el punto de apoyar el nacimiento y el desarrollo de la petroquímica.

Examinemos ahora, los planes de estudio que se aplicaban para la carrera de Ingeniero Químico durante los años considerados.

PLAN DE ESTUDIOS PARA LA CARRERA DE INGENIERO QUIMICO. 1941.

PRIMER AÑO

Química Inorgánica, con prácticas.  
Análisis Quím. Cualitativos  
Laboratorio, de Física  
Complementos de Algebra  
Geometría Analítica y  
Cálculo Diferencial e Integral I.  
Física (Mecánica y fluidos).

SEGUNDO AÑO

Química Orgánica Acíclica, con prácticas.  
Análisis Químico Cuantitativo con prácticas.  
Geometría Analítica y Cálculo Diferencial e Integral II  
Física (Calor, Termodinámica, Acústica y Óptica)  
Electricidad y Magnetismo  
Estática y Resistencia de materiales

TERCER AÑO

Química Orgánica Cíclica, con prácticas.  
Análisis Quím. Cuantitativo, con prácticas.  
Fisicoquímica, con prácticas  
Ingeniería Química I  
Cinemática, Mecánica y Dinámica.  
Dibujo Industrial I

CUARTO AÑO

Análisis Químico Industrial, con prácticas.  
Ingeniería Química II  
Termodinámica Química  
Cálculo práctico  
Dibujo Industrial II  
Curso Industrial con prácticas

QUINTO AÑO

Ingeniería Química III  
Electroquímica, con prácticas  
Materias Primas Industriales  
Máquinas Térmicas  
Organización Industrial y Proyectos.  
Higiene Industrial, con prácticas  
Curso Industrial, con prácticas.

En este plan de estudios se introduce por vez primera el curso llamado "Ingeniería Química", sin embargo, todavía no existe ninguna materia que comprenda el tema de reactores químicos.

El tipo de industrias existentes en los años 1945 hasta 1960 nos da un indicativo de la estructuración básica de los programas de Ingeniería Química de esa época. En estos cursos se estudiaba la aplicación de principios fisicoquímicos y datos a la solución de problemas relacionados con los procesos de las principales industrias que en aquel entonces eran: la industria de grasas y jabones, la de pinturas y barnices, productos de aseo, perfumes y cosméticos, productos farmacéuticos, tintas, explosivos y pirotecnia, resinas, velas, cerillos, adhesivos, cerámica, textil, etc.

El primer curso de Ingeniería Química comprendía: Transporte de fluidos, Transmisión de calor, Molienda y Pulverización, Tamización, Asentamiento, Sedimentación y Filtración.

La materia de Ingeniería Química II abarcaba: Evaporación, Higrometría y Acondicionamiento de Aire, Secado, Destilación y Procesos Difusionales.

El último curso se abocaba a: Estequiometría Industrial, Termodinámica Química y Operaciones Unitarias.

En estas asignaturas, se concedía mayor importancia a la descripción básica de los procesos más que al diseño y construcción.

Este enfoque era entonces el adecuado, debido a que el país se hallaba en la fase de construcción de su infraestructura y casi todo el equipo era importado del extranjero. El requerimiento básico del Gobierno era la disponibilidad de personal técnico altamente capacitado para poder operar estos equipos, y en un futuro dejar de contratar ingenieros químicos extranjeros que en esa



época constituían la mayoría del personal técnico empleado por la industria.

#### PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO QUÍMICO. 1955.

##### PRIMER AÑO

Química Inorgánica  
Análisis Químico Cuantitativo I  
Laboratorio de Física  
Física  
Complementos de Algebra  
Geometría Analítica

##### SEGUNDO AÑO

Química Orgánica Acíclica  
Análisis Químico Cuantitativo II  
Física (Calor, Acústica, Óptica)  
Electricidad y Magnetismo  
Estática y Resistencia de Materiales.  
Cálculo y Ecuaciones Diferenciales

##### TERCER AÑO

Química Orgánica Cíclica  
Análisis Químico Cuantitativo Especial.  
Fisicoquímica  
Cinemática, Mecánica y Dinámica  
Dibujo Industrial I  
Ingeniería Química I

##### CUARTO AÑO

Análisis Químicos Industriales.  
Ingeniería Química II  
Termodinámica Química  
Cálculo práctico  
Dibujo Industrial II  
Un Curso Industrial

##### QUINTO AÑO

Ingeniería Química III  
Electroquímica  
Materias Primas Industriales  
Máquinas Térmicas  
Organización Industrial y Proyectos.  
Higiene Industrial  
Curso Industrial

Obsérvese que dentro de este plan de estudios tampoco aparece ninguna materia relacionada con reactores químicos.

En los años 50, además de las industrias que ya habían sido fundadas en la década anterior, la fabricación de fertilizantes, insecticidas, fibras químicas, resinas, artículos de plástico, et

cétera, eran las industrias predominantes de la época.

Puesto que el modelo de desarrollo del país se basaba primordialmente en la reproducción de tecnología extranjera y la prestación de servicios, la enseñanza de los cursos de Ingeniería Química sólo comprendía una generalización superficial del concepto de la operación física fundamental, no abrazaba las técnicas de diseño y construcción del equipo.

El contenido de los programas de las asignaturas de Ingeniería Química en este plan de estudios, no varió significativamente con respecto al plan anterior.

La materia de Ingeniería Química I implicaba: Transmisión de Calor, Filtración, Sedimentación, Tamización, Transporte de fluidos, Molienda y Pulverización.

El segundo curso comprendía: Acondicionamiento de aire, Evaporación, Destilación, Secado, Higrometría, Extracción, Lavado de gases, Torres de contacto, etc.

En la Ingeniería Química III se estudiaba: Operaciones como la Saponificación, Halogenación, Oxidación, Reducción, etc., Estequiometría Industrial y Termodinámica Química.

PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO QUIMICO. 1960.

PRIMER AÑO

Química Inorgánica  
Análisis I (Cualitativo)  
Física I  
Matemáticas I (Algebra)  
Matemáticas II (Cálculo y Geometría Analítica)

SEGUNDO AÑO

Química Orgánica I  
Análisis II (Cuantitativo)  
Física II  
Elementos de Ing. Mecánica  
Matemáticas III (Ecuaciones Diferenciales)  
Fisicoquímica I  
Ingeniería Química I

TERCER AÑO

Química Orgánica II  
Análisis Químico III (Instrumental)  
Fisicoquímica II  
Matemáticas IV (Especiales)  
Ingeniería Química II  
Física III

CUARTO AÑO

Análisis Químico IV (Industrial)  
Dibujo  
Ingeniería Química III  
Fisicoquímica III (Termodinámica Química)  
Máquinas Térmicas  
Ingeniería Eléctrica  
Ingeniería Industrial

QUINTO AÑO

Higiene y Seguridad Industrial  
Ingeniería Química IV  
Fisicoquímica IV (Electroquímica)  
Instrumentación Industrial  
Diseño de Equipo  
Ingeniería Industrial II  
Curso Optativo (Proyectos Industriales).

En la década de los 60's el desarrollo de la industria petro química dejó sentir su influencia en los planes de estudio. Al ampliarse los conocimientos en la rama de ingeniería química, fué necesario la readaptación de los programas de esta asignatura. Se creó la materia de Ingeniería Química IV, que comprendía por primera vez, temas relacionados con reactores químicos.

En este plan de estudios, la serie de asignaturas de Ingeniería Química estaba conformada de acuerdo al siguiente esquema:

Ingeniería Química I, comprendía el estudio de Balances de Materia y Energía aplicados a procesos industriales.

Ingeniería Química II, Trataba lo concerniente a Flujo de Fluidos y Transferencia de Calor.

Ingeniería Química III, se abocaba a las Operaciones de Transferencia de Masa.

Ingeniería Química IV, contenía generalidades sobre Cinética Química y nociones de Catálisis.

## 2. MEXICO TRANSFORMÁNDOSE, 1961 A 1975.

Los años de 1961 hasta 1975 constituyeron principalmente, la etapa del establecimiento de las industrias de transformación esto es, de industrias que elaboran un producto terminado, en base a materia prima del país o importada.

Pocas industrias químicas trabajan con esta materia prima del país, la mayoría tienen que importar grandes cantidades de substancias que no se producían en México, para poder permitir la fabricación nacional de ciertos productos como plásticos, pegamentos especiales e insecticidas de uso agrícola. Acero y láminas especiales son de importación.

Durante este período, PEMEX se dedica a consolidar su planta industrial y a aumentar la capacidad de producción de acuerdo a la demanda nacional, efectuando ampliaciones en ciertas plantas petroquímicas; pero, casi no se permite el lujo de exportar.

Surgen nuevas industrias, algunas de ellas están primordialmente dominadas por capital privado o bien por co-inversiones de capital gubernamental y privado, contribuyendo estas últimas en el nacimiento de las que ahora se denominan industrias paraestatales, como lo son: Dina Nacional, Sosa Texcoco, Industrias Ida, et cétera.

De las industrias fundadas en este lapso de 1961 a 1975, mencionaremos:

Industria Lechera Carnation, Industria Anderson y Clayton, Industria jabonera Colgate Palmolive, Industria Goodyear, Internacional Harvester (camiones de carga), Westinghouse (aparatos eléctricos domésticos), Dow Chemical (substancias químicas), Du Pont (substancias químicas), Industria IBM (equipo de oficina y compu-

tadoras), Industria Lockheed (repuestos de aviones y herramientas), Mobil Oil (aceites y aditivos), Texaco (aceites y aditivos), Quaker State (aceites y aditivos), Scott Paper (papel), General Foods (conservas de alimentos), Bacardi (vinos y licores), Exxon (aceites y aditivos), Holiday Inn (industria hotelera y turística), Monsanto (pegamentos, sustancias químicas, plásticos, etc).

Esta realidad nacional se reflejó dentro del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Química, en un enfoque que centraba su atención en el conocimiento de nuevos productos químicos y su composición estructural, lo que condujo a que el profesional dentro del campo de trabajo se orientara hacia el área de ventas y mercadotecnia.

Consideremos ahora algunos hechos importantes ocurridos dentro de la vida y desarrollo académicos de la Facultad de Química, en los años de 1961 hasta 1975.

Un hecho fundamental en la vida de esta institución, ocurre a mediados del año de 1965, cuando por acuerdo del H. Consejo Universitario, se crea la División de Estudios Superiores, ahora denominada Postgrado, con lo cual la Escuela Nacional de Ciencias Químicas se convierte en la Facultad de Química.

Con la reforma académica en la Universidad, iniciada en 1966 por el entonces rector Ing. Javier Barros Sierra, se llevan a cabo un año más tarde modificaciones en los sistemas y planes de estudio de la Facultad, con el fin de lograr mayor equilibrio entre los conocimientos teóricos y la enseñanza experimental. Se cambia el plan anual por el semestral y se instituye un tronco común para los dos primeros semestres de todas las carreras impartidas en la Facultad.

En 1972, la Facultad ocupa parte de los edificios dejados por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, lográndose así un mayor desahogo, ya que eran insuficientes las instalaciones iniciales.

En 1975, se crea una nueva materia, el Laboratorio de Ciencia Básica que es la reagrupación de algunos laboratorios de las materias de primer y segundo semestre de Química Inorgánica, Fisiquímica I y II y Análisis Cuantitativo y Cualitativo.

Consideremos en seguida, el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Química que se cubría durante los años a que nos referimos.

PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO QUIMICO. 1967-1973.

PRIMER SEMESTRE

Física I  
Fisicoquímica I  
Fisicoquímica II  
Matemáticas I  
Matemáticas II

SEGUNDO SEMESTRE

Análisis I  
Física II  
Fisicoquímica III  
Matemáticas III  
Química Inorgánica I

TERCER SEMESTRE

Análisis II  
Física III  
Fisicoquímica IV  
Ingeniería Química I  
Matemáticas IV  
Química Orgánica I

CUARTO SEMESTRE

Análisis III  
Física IV  
Fisicoquímica V  
Ingeniería Química II  
Matemáticas V  
Química Orgánica II

QUINTO SEMESTRE

Análisis IV  
Física V  
Fisicoquímica VI  
Ingeniería Química III

Matemáticas VI  
Química Orgánica III

SEXTO SEMESTRE

Análisis V  
Física VI  
Fisicoquímica VII  
Ingeniería Química IV  
Matemáticas VII  
Química Orgánica IV

SEPTIMO SEMESTRE

Dibujo  
Fisicoquímica VIII  
Ingeniería Eléctrica I  
Ingeniería Mecánica I  
Ingeniería Química V  
Química Orgánica V

OCTAVO SEMESTRE

Economía Industrial I  
Ingeniería Eléctrica II  
Ingeniería Mecánica II  
Ingeniería Química VI  
Ingeniería Química VII  
Optativa  
Optativa

NOVENO SEMESTRE

Diseño de Equipo  
Economía Industrial II  
Ingeniería de Procesos  
Ingeniería Química VIII  
Optativa  
Optativa



El cambio de sistema anual a semestral en el tipo de calendario lectivo, trajo consigo la renovación total del plan de estudios de la carrera. Hubo una reorganización académica en las materias de Ingeniería Química, quedando estructuradas como sigue:

Ingeniería Química I : Balances de Materia en procesos in dustriales más comunes.

Ingeniería Química II : Balances de Energía en plantas in- dustriales.

Ingeniería Química III : Flujo de Fluidos.

Ingeniería Química IV : Transferencia de Calor.

Ingeniería Química V y VI : Operaciones de Transferencia de Masa.

Ingeniería Química VII : Cinética Química y Reactores Quími- cos Homogéneos.

Ingeniería Química VIII: Catálisis y Reactores Químicos He- terogéneos.

Cabe destacar un hecho muy importante: debe observarse que en este plan de estudios, es donde aparece por primera vez las disciplinas de Ingeniería Química VII y VIII, como respuesta a la necesidad de proporcionar los instrumentos indispensables para asimilar una nueva tecnología en aquella época: la de los reactores químicos. Por ello se crean dos cursos secuenciales para permitir hacer un estudio más detenido y provechoso del tema.

PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO QUIMICO. 1974 .

PRIMER SEMESTRE

Física I  
Fisicoquímica I  
Fisicoquímica II  
Matemáticas I  
Matemáticas II

SEGUNDO SEMESTRE

Física II  
Química Inorgánica I  
Fisicoquímica III  
Análisis I  
Cálculo Diferencial e Integral

TERCER SEMESTRE

Física III  
Fisicoquímica IV  
Análisis II  
Ecuaciones Diferenciales  
Ingeniería Química I  
Química Orgánica I

CUARTO SEMESTRE

Física IV  
Fisicoquímica V  
Análisis III  
Estadística I  
Ingeniería Química II  
Química Orgánica II

QUINTO SEMESTRE

Física V  
Fisicoquímica VI  
Análisis IV  
Estadística II

Ingeniería Química III  
Química Orgánica III

SEXTO SEMESTRE

Física VI  
Fisicoquímica VII  
Análisis V  
Ingeniería Química IV  
Química Orgánica IV

SEPTIMO SEMESTRE

Fisicoquímica VIII  
Ingeniería Química V  
Química Orgánica V  
Ingeniería Mecánica I  
Ingeniería Eléctrica I  
Dibujo

OCTAVO SEMESTRE

Ingeniería Química VI  
Ingeniería Química VII  
Ingeniería Mecánica II  
Ingeniería Eléctrica II  
Economía Industrial I  
Optativa  
Optativa

NOVENO SEMESTRE

Ingeniería de Procesos  
Ingeniería Química VIII  
Economía Industrial II  
Diseño de Equipo  
Optativa  
Optativa

PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO QUIMICO. 1975 .

PRIMER SEMESTRE

Lab. de Ciencia Básica (esta materia se imparte en 2 semestres)

Física I

Fisicoquímica I

Matemáticas I

Matemáticas II

Fisicoquímica II

SEGUNDO SEMESTRE

Lab. de Ciencia Básica (esta materia se imparte en 2 semestres)

Física II

Química Inorgánica I

Cálculo Diferencial e Integral

Fisicoquímica III

Análisis I

TERCER SEMESTRE

Física III

Ecuaciones Diferenciales

Fisicoquímica IV

Análisis II

Ingeniería Química I

Química Orgánica I

CUARTO SEMESTRE

Física IV

Estadística I

Termodinámica Química

Análisis III

Ingeniería Química II

Química Orgánica II

QUINTO SEMESTRE

Física V

Estadística II

Fisicoquímica V

Análisis IV

Ingeniería Química III

Química Orgánica III

SEXTO SEMESTRE

Ingeniería Eléctrica I

Fisicoquímica VI

Análisis V

Ingeniería Química IV

Química Orgánica IV

SEPTIMO SEMESTRE

Ingeniería Eléctrica II

Fisicoquímica VII

Ingeniería Química V

Química Orgánica V

Ingeniería Mecánica I

Dibujo

OCTAVO SEMESTRE

Tecnología de Servicios

Ingeniería Química VI

Ingeniería Química VII

Ingeniería Mecánica II

Economía Industrial I

Optativa

Optativa

NOVENO SEMESTRE

Ingeniería de Procesos

Ingeniería Química VIII

Economía Industrial II

Diseño de Equipo

Optativa

Optativa

Tanto en el plan de estudios de 1974 como en el de 1975, las asignaturas de Ingeniería Química no sufrieron cambios, estando organizadas de la siguiente manera:

- Ingeniería Química I : Operación Unitaria. Análisis Dimensional. Balances de Materia.
- Ingeniería Química II : Concepto de Energía y su clasificación. Ley de la conservación de la Energía. Balances de Energía.
- Ingeniería Química III : Fenómenos de transporte. Fluidos. Transporte de Momentum. Flujo de Fluidos.
- Ingeniería Química IV : Mecanismos del fenómeno de transporte y transferencia de calor. Conducción. Convección. Condensación. Radiación. Evaporación.
- Ingeniería Química V : Operaciones Difusionales. Balance de materiales y entalpías. Transferencia de masa. Equilibrio. Absorción y desabsorción.
- Ingeniería Química VI : Operaciones de Contacto Aire-Agua, Destilación y Secado. Este curso es complemento del anterior.
- Ingeniería Química VII : Cinética Química. Diseño de reactores homogéneos.
- Ingeniería Química VIII : Catálisis. Diseño de reactores heterogéneos.

En el plan de 1975, se instaura la materia de Tecnología de Servicios. Aparecen los laboratorios de Ciencia Básica.

### 3. MEXICO EN DESPEGUE ECONOMICO O MEXICO TECNOLOGICO, 1976 A 1982

En Septiembre de 1976, año de la devaluación económica, México despierta de su letargo económico para encontrarse con la dura realidad de un mercado internacional ávido de satisfactores y de dura competitividad comercial, es decir, donde cada uno de los países trata de ser el principal proveedor de los demás, ya sea en el campo de las materias primas o en el campo de los productos elaborados o manufacturados.

México, que ya era un país exportador de materias primas, encuentra que el mercado internacional baja en general los precios de las materias primas por la principal competencia de los países africanos en este campo. Así pues, el Gobierno se ve obligado a solicitar préstamos a la banca internacional para ampliar y desarrollar su capacidad industrial y poder competir en el mercado de productos elaborados. Entonces, por primera vez en la historia de nuestra nación, México se convierte en exportador de productos tales como el acero, pesticidas, plásticos, coches, camiones, y muchas substancias químicas que antes ni siquiera se elaboraban en el país. Por tanto, el despegue económico fué la instalación de industrias de tecnología comercial, que permitieron la construcción de satisfactores de alta tecnología petroquímica, como lo son los pegamentos, aditivos y aceites, plásticos, todo tipo de fibras sintéticas, como son nylon, rayón, dacrón, poliéster, etc.

En este período PEMEX se consolida como una empresa estatal de propósito múltiple, es decir, que realiza todo el espectro relacionado con el petróleo: exploración, extracción, producción, transporte y refinación. Se construyen los grandes complejos petroquímicos como son las instalaciones del Complejo de Cadereyta,

de la Cangrejera, de Lázaro Cárdenas, de Salina Cruz y la ampliación y modernización de las refinerías de Azcapotzalco, Tula y Minatitlán.

A continuación citaremos algunas plantas de productos químicos, más importantes, que no pertenecen a PEMEX y que forman parte de la industria de esa época:

Ashland Chemical, Tampico, produce cincuenta y seis mil toneladas al año de negro de carbón.

Celanese Mexicana, Veracruz, produce ácido acético 108,000 toneladas al año; anhídrido acético 33,000 toneladas anuales; acetato de vinil 25,000 toneladas anuales; butiraldehído 90,000 toneladas al año; acetona 60,000 toneladas anuales; metilamina 8,000 toneladas anuales.

Fertilizantes Mexicanos (Fertimex), produce urea, 495,000 toneladas anuales.

Promociones Industriales Mexicanas (Primex), Tampico, Tamaulipas, produce anhídrido ftálico, 15,000 toneladas anuales y 2-etilhexanol, 20,000 toneladas al año.

Química Borden, produce formaldehído, 20,000 toneladas anuales.

En lo que respecta a planes y programas de estudio de la carrera de Ingeniería Química, ya se había planeado en 1975 la reestructuración correspondiente para 1976, que incluía cambios más acorde con el aumento de población estudiantil y la situación nacional. Pero, estos cambios al ser realizados antes de la devaluación de 1976, trajo como consecuencia, que este tipo de modificaciones se ajustaran a un futuro económico de México que en la realidad nunca existió, pues la devaluación cambió toda clase de es-

estructura nacional, ya fuera ésta social, académica, industrial o estatal.

Al momento de realizar las modificaciones en el plan de estudios para 1976, se esperaba que el país creciera a una tasa anual del 10%, dentro de un clima de estabilidad cambiaria, realizar fáciles compras de importación, un costo de transportación moderado, un desarrollo social sin muchas limitaciones económicas, un ingreso de alumnado alto y un crecimiento industrial estable.

No obstante, después de la devaluación acaecida en Septiembre de 1976, el panorama económico, social y moral cambió de una manera tan drástica que lo que aquí se menciona es tan sólo un indicativo de lo que en realidad ocurrió, el crecimiento anual previsto para el país se canceló hasta que se pudo reanudar nuevamente el 1979, prevaleció un tipo de cambio inestable, se anuló la importación excesiva, se modificaron los patrones de conducta social debido al repentino encarecimiento de los satisfactores básicos, lo que ocasionó una baja en la población estudiantil, pues las mayorías tuvieron que trabajar más para poder salvar su propia situación económica; el costo de transportación se incrementó, y el crecimiento industrial se desplomó al punto de que muchas empresas medianas y pequeñas cerraron sus puertas; las grandes firmas redujeron el personal de obreros y empleados, lo que ocasionó una conducta social más agresiva, que aún en la actualidad prevalece.

En el año de 1979 comenzó lo que sería un muy breve lapso de recuperación económica, sin embargo, todo esto fué nuevamente cancelado por la siguiente devaluación monetaria de Agosto de 1982.

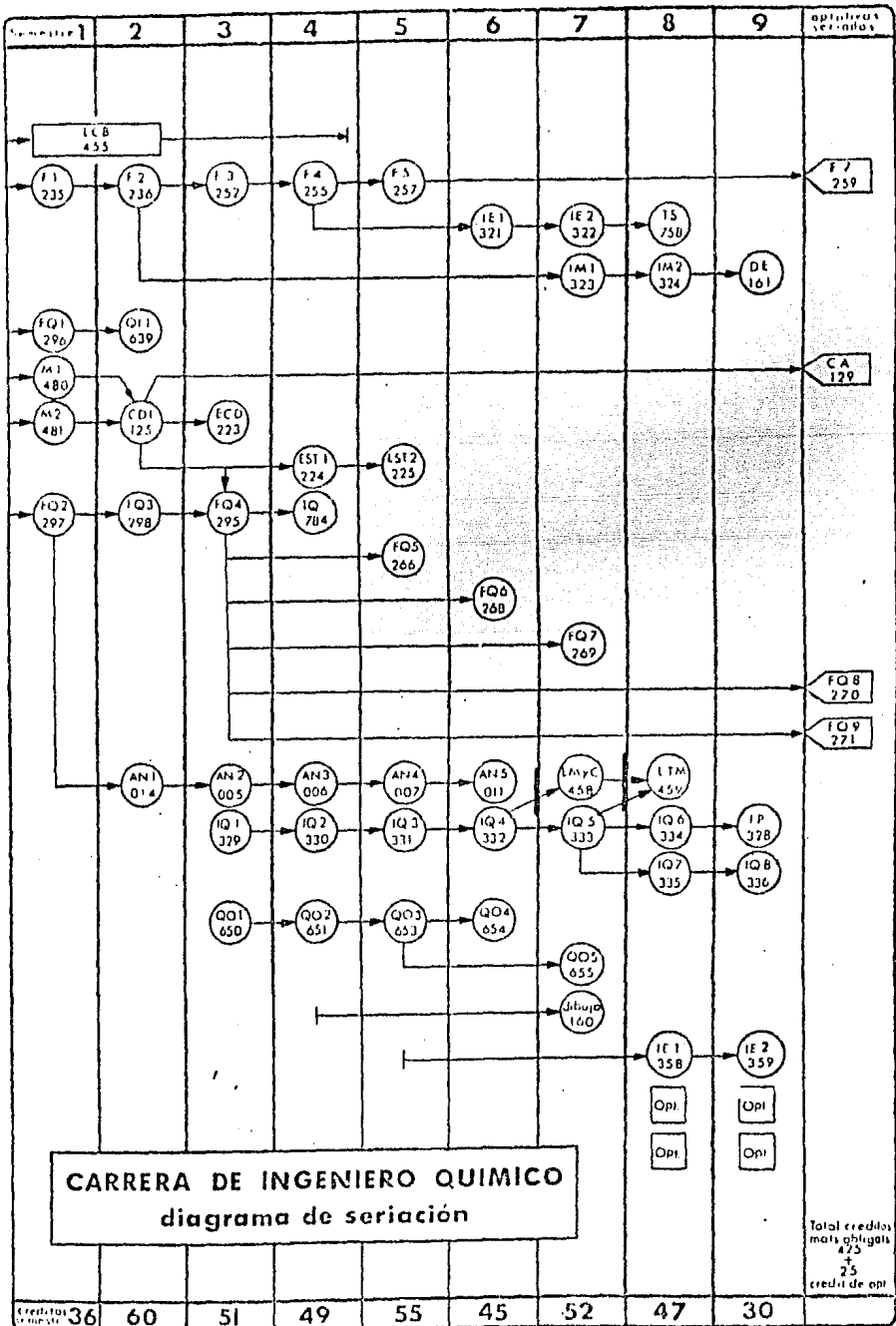
Con todo, en este breve período, se logró en el campo de la

industria química y petroquímica un crecimiento nunca antes visto, pues fué en esta etapa cuando el Gobierno amplía su capacidad instalada, construyendo enormes plantas petroquímicas, las cuales por estar completamente automatizadas y debido a la propia naturaleza de los procesos allí realizados, ofrecen muy pocas oportunidades de trabajo.

En esta época es cuando los programas de Ingeniería Química se enfocan hacia el diseño y construcción de equipo de las refinerías o equipo petroquímico, este material de estudio aunque académicamente es muy valioso, contrasta a pesar de ello, con una muy dura realidad nacional: la mayor parte del equipo se compra como material de importación, y dentro de un sistema que las empresas que lo proveen le llaman venta en "paquete", lo que significa, que tanto la instalación como el mantenimiento de este equipo, es realizado por personal técnico extranjero y muy altamente capacitado en sus países de origen, limitando la posibilidad de empleo en esta área a nivel nacional.

Después de esta vista al panorama socio-económico, de aquellos años, inspeccionemos ahora al plan de estudios para la carrera de Ingeniería Química de 1976.





ver claves al frente  
34



# UN FM FACULTAD DE QUIMICA

PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO QUIMICO "21"

MATERIAS OBLIGATORIAS	425	CREDITOS
MATERIAS OPTATIVAS	25	CREDITOS
TOTAL	450	CREDITOS

CLAVE	MATERIA	CREDITOS	CLAVE	MATERIA	CREDITOS
<b>PRIMER SEMESTRE</b>					
455020	LABORATORIO DE CIENCIA BASICA				
Esta materia se imparte en dos semestres					
235006	FISICA I	6			
294006	FISICOQUIMICA I	6			
461010	MATEMATICAS I	10			
401006	MATEMATICAS II	6			
297006	FISICOQUIMICA II	6			
<b>SEGUNDO SEMESTRE</b>					
455020	LABORATORIO DE CIENCIA BASICA	20			
Esta materia se imparte en dos semestres					
236006	FISICA II	6			
639010	QUIMICA INORGANICA I	10			
127012	CALCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL	12			
298006	FISICOQUIMICA III	6			
014006	ANALISIS I	6			
<b>TERCER SEMESTRE</b>					
232008	FISICA III	8			
223010	EQUACIONES DIFERENCIALES	10			
295009	FISICOQUIMICA IV	9			
005008	ANALISIS II	8			
329006	INGENIERIA QUIMICA I	6			
650010	QUIMICA ORGANICA I	10			
<b>CUARTO SEMESTRE</b>					
235008	FISICA IV	8			
224008	ESTADISTICA I	8			
768007	TERMODINAMICA QUIMICA	9			
006008	ANALISIS III	8			
330006	INGENIERIA QUIMICA II	6			
651010	QUIMICA ORGANICA II	10			
<b>QUINTO SEMESTRE</b>					
231006	FISICA V	8			
225008	ESTADISTICA II	8			
266009	FISICOQUIMICA V	9			
607008	ANALISIS IV	6			
336012	INGENIERIA QUIMICA III	12			
653010	QUIMICA ORGANICA III	10			
<b>SEXTO SEMESTRE</b>					
327006	INGENIERIA ELECTRONICA I	6			
268009	FISICOQUIMICA VI	9			
011006	ANALISIS V	8			
532012	INGENIERIA QUIMICA IV	12			
654010	QUIMICA ORGANICA IV	10			
<b>SEPTIMO SEMESTRE</b>					
327006	INGENIERIA ELECTRONICA II	6			
330006	INGENIERIA QUIMICA I	6			
269009	FISICOQUIMICA VII	9			
455014	LAB. DE MOMENTUM Y CALOR	4			
337012	INGENIERIA QUIMICA V	12			
655010	QUIMICA ORGANICA V	10			
105006	LABOR.	6			
<b>OCTAVO SEMESTRE</b>					
758006	TECNOLOGIA DE SERVICIOS	6			
374006	INGENIERIA MECANICA II	6			
459004	LAB. DE TRANSF. DE MASA	4			
334012	INGENIERIA QUIMICA VI	12			
335012	INGENIERIA QUIMICA VII	12			
350006	INGENIERIA ECONOMICA I	6			
OPTATIVA OPTATIVA					
<b>NOVENO SEMESTRE</b>					
161006	DISEÑO DE EQUIPO	6			
320006	INGENIERIA DE PROCESOS	6			
334012	INGENIERIA QUIMICA VIII	12			
359006	INGENIERIA ECONOMICA II	6			
OPTATIVA OPTATIVA					
<b>ASIGNATURAS OPTATIVAS</b>					
El porcentaje indica antecedente necesario					
019008	AZUCAR I	8			
020008	AZUCAR II	8	(019)		
021006	ASPECTOS LEGALES INDUSTRIALES	6			
120006	GENERALIDADES DE FIBRAS NATURALES SINTETICAS Y ARTIF.	8			
171008	TINTURA Y ACABADO DE FIBRAS(120)B	8			
172006	COMPUTACION ELECTRONICA Y PROGRAMACION I	6			
123006	COMPUTACION ELECTRONICA Y PROGRAMACION II	6			
129006	CALCULO AVANZADO	6	(125)		
162006	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	6			
163006	DIRECCION DE EMPRESAS	6			
249006	FENOMENOS DE TRANSPORTE	6			
254008	FISICA VI	8	(257)		
255008	FISICA VII	8	(258)		
270009	FISICOQUIMICA VIII	9	(295)		
271009	FISICOQUIMICA IX	9	(295)		
377006	INGENIERIA NUCLEAR	6			
339006	IMPLEMENTACION INDUSTRIAL	6			
340006	INVESTIGACION DE OPERACIONES I	6			
341006	INVESTIGACION DE OPERACIONES II	6			
355006	INGENIERIA AMBIENTAL I	6			
356006	INGENIERIA AMBIENTAL II(355)	6			
487006	MATEMATICAS SUPERIORES EN INGENIERIA QUIMICA	6			
549009	MICROBIOLOGIA INDUSTRIAL	9			
575006	OPTIMIZACION	6			
600006	PAPEL Y CELULOSA I	6			
601006	PAPEL Y CELULOSA II	6	(600)		
604008	PLASTICOS Y SILICONES I	8			
605008	PLASTICOS Y SILICONES II	8			
606006	PROCESOS PETROQUIMICOS	6			
617006	PLANIFICACION Y DESARROLLO IND	6			
635008	QUIMICA DE LOS MATERIALES CERAMICOS	8			
640006	QUIMICA CUANTICA	6			
641006	RELACIONES HUMANAS	6			
720006	SEGURIDAD INDUSTRIAL	6			
721006	SIMULACION DE PROCESOS I	6			
724006	SIMULACION DE PROCESOS II(723)	6			
749006	TECNOLOGIA DE FIBRAS QUIMICAS	6			
749007	TECNOLOGIA DE ALIMENTOS	6			
762006	TECNOLOGIA DE MATERIALES	6			
763006	TECNOLOGIA NUCLEAR	6			
767006	TRATAMIENTO DE AGUAS	8			
768010	UNION QUIMICA	10			

Como puede notarse, en el plan de estudios de 1976, se implantan dos nuevas materias: al Laboratorio de Momentum y Calor, y el Laboratorio de Transferencia de Masa.

La asignatura Economía Industrial cambia su nombre por el de Ingeniería Económica y en este año, se ofrece al estudiante una mayor cantidad de materias optativas (ver plan anexo).

El tipo de conocimientos conferidos en cada materia de Ingeniería Química de este plan de estudios, se establece a continuación:

Ingeniería Química I : Concepto de Operación Unitaria. Concepto de Proceso Unitario. Análisis Dimensional. Ley de la Conservación de la Masa. Balance de Materiales.

Ingeniería Química II : Concepto de Energía y su clasificación. Ley de la Conservación de la Energía. Balances de Energía.

Ingeniería Química III : Fenómenos de Transporte. Fluidos. Transporte de Momentum. Flujo de Fluidos. Medidores. Transporte de Fluidos. Sistemas. Flujo de Fluidos compresibles. Transporte de Fluidos compresibles.

Ingeniería Química IV : Transporte de Energía. Principios y mecanismo del fenómeno de transporte y transferencia de calor. Conducción. Convección. Condensación. Radiación. Evaporación. Metodologías de Cálculo y evaluación en equipos industriales.

Como puede notarse, en el plan de estudios de 1976, se implantan dos nuevas materias: al Laboratorio de Momentum y Calor, y el Laboratorio de Transferencia de Masa.

La asignatura Economía Industrial cambia su nombre por el de Ingeniería Económica y en este año, se ofrece al estudiante una mayor cantidad de materias optativas (ver plan anexo).

El tipo de conocimientos conferidos en cada materia de Ingeniería Química de este plan de estudios, se establece a continuación:

Ingeniería Química I : Concepto de Operación Unitaria. Concepto de Proceso Unitario. Análisis Dimensional. Ley de la Conservación de la Masa. Balance de Materiales.

Ingeniería Química II : Concepto de Energía y su clasificación. Ley de la Conservación de la Energía. Balances de Energía.

Ingeniería Química III : Fenómenos de Transporte. Fluidos. Transporte de Momentum. Flujo de Fluidos. Medidores. Transporte de Fluidos. Sistemas. Flujo de Fluidos compresibles. Transporte de Fluidos compresibles.

Ingeniería Química IV : Transporte de Energía. Principios y mecanismo del fenómeno de transporte y transferencia de calor. Conducción. Convección. Condensación. Radiación. Evaporación. Metodologías de Cálculo y evaluación en equipos industriales.

- Ingeniería Química V : Operaciones Unitarias Difusionales.  
Balance de Materiales y Entalpías.  
Transferencia de Masa. Equilibrio.  
Absorción y Desabsorción.
- Ingeniería Química VI : Operaciones de contacto Aire-Agua.  
Humidificación. Deshumidificación.  
Acondicionamiento de Aire. Destilación. Secado. Metodología de Cálculo.
- Ingeniería Química VII : Cinética Química. Diseño de Reactores homogéneos.
- Ingeniería Química VIII : Catálisis. Diseño de Reactores Heterogéneos.

A pesar de los cambios en la economía del país a raíz de la devaluación en 1976, la aplicación de este plan se extendió hasta el año de 1986, sin sufrir reforma en su estructura básica. Sin embargo, las modificaciones que se han determinado necesarias, se han practicado en los programas de estudio de las asignaturas; pero, ello no ha afectado en ningún momento la estructura básica de la cual se hace mención.

#### 4. MEXICO EN CRISIS ECONOMICA, 1983 A 19??

La crisis económica mexicana que padecemos, es debido al excesivo endeudamiento del Gobierno Federal, pues los préstamos solicitados para la construcción y expansión de los grandes complejos petroquímicos debían ser pagados con la exportación de los productos obtenidos de ellos; empero, con un mundo también en crisis, se frenaron las exportaciones previstas y esto contrajo tanto la propia exportación como el crecimiento económico del país.

Situación que llevó a generar despidos masivos de obreros y empleados de la planta industrial nacional y asimismo redujo la posibilidad de demanda de personal altamente calificado.

Todo esto se reflejaría en falta de empleos adecuados y disminución de actividad industrial, trayendo consigo un desequilibrio en la relación industria-empleo que hasta el momento continúa desestabilizada.

Puede decirse sin temor a dudas, que la dinámica social e industrial es más rápida que la dinámica educativa, por lo que podríamos encontrarnos ante el desalentador hecho de que cuando un estudiante de Ingeniería Química terminara su profesión, se enfrentase a una dura realidad nacional muy diferente de aquella para la cual se le preparó.

En la época moderna, en la que se suceden vertiginosos y continuos movimientos en la economía mundial y nacional, es preciso desarrollar mayores esfuerzos y realizar estudios más detenidos para llevar a cabo cualquier tipo de proyecto, ya sea educativo o industrial, si verdaderamente se quiere lograr avances positivos o progreso en el futuro.

Demos ahora una mirada al plan de estudios de la carrera de

Ingeniería Química aplicado durante estos años (1983-1986) y que aparece en la siguiente hoja.

# FACULTAD DE QUIMICA

## PLAN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA DE INGENIERO QUIMICO "21"

MATERIAS OBLIGATORIAS	425	CREDITOS
MATERIAS OPTATIVAS	26	CREDITOS
<b>TOTAL</b>	<b>450</b>	<b>CREDITOS</b>

<u>CLAVE</u>	<u>MATERIA</u>	<u>CREDITOS</u>	<u>CLAVE</u>	<u>MATERIA</u>	<u>CREDITOS</u>
<b>PRIMER SEMESTRE</b>			<b>OCTAVO SEMESTRE</b>		
0235	FISICA I	6	0768	TECNOLOGIA DE SERVICIOS	6
0208	FISICOQUIMICA I	6	0324	INGENIERIA MECANICA II	6
0460	MATEMATICA I	10	0459	LAB. DE TRANSF. DE MASA	4
0481	MATEMATICA II	8	0334	INGENIERIA QUIMICA VI	12
0297	FISICOQUIMICA II	6	0335	INGENIERIA QUIMICA VII	12
0450	LABORATORIO DE CIENCIA BASICA I	10	0358	INGENIERIA ECONOMICA I OPTATIVA	6
<b>SEGUNDO SEMESTRE</b>			<b>NOVENO SEMESTRE</b>		
0238	FISICA II	6	0181	DISEÑO DE EQUIPO	6
0639	QUIMICA INORGANICA I	10	0328	INGENIERIA DE PROCESOS	6
0125	CALCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL	12	0336	INGENIERIA QUIMICA VIII	12
0298	FISICOQUIMICA III	6	0359	INGENIERIA ECONOMICA II OPTATIVA OPTATIVA	6
*	ANALISIS I ó QUIMICA ANALITICA I (ver diagrama de seriación)				
0457	LABORATORIO DE CIENCIA BASICA II	10			
<b>TERCER SEMESTRE</b>			<b>ASIGNATURAS OPTATIVAS</b>		
0262	FISICA III	8	El parentesis indica antecedente necesario		
0223	ECUACIONES DIFERENCIALES	10	0019	AZUCAR I	8
0295	FISICOQUIMICA IV	9	0020	AZUCAR II (0019)	8
*	ANALISIS II ó QUIMICA ANALITICA II (ver diagrama de seriación)		0021	ASPECTOS LEGALES INDUSTRIALES	6
0329	INGENIERIA QUIMICA I	6	0120	GENERALIDADES DE FIBRIAS NATURALES SINTETICAS Y ARTIFICIALES TRITURA Y ACABADO DE FIBRIAS (0120)	8
0650	QUIMICA ORGANICA I	10	0122	COMPUTACION ELECTRONICA Y PROGRAMACION I	6
<b>CUARTO SEMESTRE</b>			0123	COMPUTACION ELECTRONICA Y PROGRAMACION II	6
0255	FISICA IV	8	0129	CALCULO AVANZADO (0125)	8
0224	ESTADISTICA I	8	0162	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	6
0784	TERMODINAMICA QUIMICA	9	0183	DIRECCION DE EMPRESAS	6
*	ANALISIS III ó QUIMICA ANALITICA III (ver diagrama de seriación)		0249	FENOMENOS DE TRANSPORTE	6
0330	INGENIERIA QUIMICA II	6	0258	FISICA VI (0257)	8
0651	QUIMICA ORGANICA II	10	0259	FISICA VII (0258)	8
<b>QUINTO SEMESTRE</b>			0270	FISICOQUIMICA VIII (0265)	9
0267	FISICA V	8	0271	FISICOQUIMICA IX (0265)	9
0225	ESTADISTICA II	6	0327	INGENIERIA NUCLEAR	6
0268	FISICOQUIMICA V	9	0339	INSTRUMENTACION INDUSTRIAL	6
*	ANALISIS IV ó QUIMICA ANALITICA IV (ver diagrama de seriación)		0340	INVESTIGACION DE OPERACIONES I	6
0331	INGENIERIA QUIMICA III	12	0341	INVESTIGACION DE OPERACIONES II	6
0653	QUIMICA ORGANICA III	10	0356	INGENIERIA AMBIENTAL I	6
<b>SEXTO SEMESTRE</b>			0358	INGENIERIA AMBIENTAL II (0356)	6
0321	INGENIERIA ELECTRICA I	6	0487	ANALISIS V ó QUIMICA ANALITICA V MATEMATICAS SUPERIORES EN INGENIERIA QUIMICA	0
0268	FISICOQUIMICA VI	9	0504	MICROBIOLOGIA INDUSTRIAL	9
*	ANALISIS V ó QUIMICA ANALITICA V (ver diagrama de seriación)		0576	OPTIMIZACION	6
0332	INGENIERIA QUIMICA IV	12	0600	PAPEL Y CELULOSA I	6
0664	QUIMICA ORGANICA IV	10	0501	PAPEL Y CELULOSA II (0600)	8
<b>SEPTIMO SEMESTRE</b>			0604	PLASTICOS Y SILICONES I	8
0322	INGENIERIA ELECTRICA II	6	0605	PLASTICOS Y SILICONES II	8
0323	INGENIERIA MECANICA I	6	0609	PROCESOS PETROQUIMICOS	6
0269	FISICOQUIMICA VII	9	0612	PLANACION Y DESARROLLO IND.	6
0458	LAB. DE MOMENTUM Y CALOR	4	0635	QUIMICA DE LOS MATERIALES CERAMICOS	6
0333	INGENIERIA QUIMICA V	12	0640	QUIMICA CUANTICA	6
0655	QUIMICA ORGANICA V	10	0681	RELACIONES HUMANAS	6
0160	DIBUJO	6	0720	SEGURIDAD INDUSTRIAL	6
			0723	SIMULACION DE PROCESOS I	6
			0724	SIMULACION DE PROCESOS II (0723)	6
			0769	TECNOLOGIA DE FIBRAS QUIMICAS (0333)	6
			0780	TECNOLOGIA DE ALIMENTOS	9
			0782	TECNOLOGIA DE MATERIALES	0
			0783	TECNOLOGIA NUCLEAR	6
			0787	TRATAMIENTO DE AGUAS	0
			0790	UNION QUIMICA	10

\*Puede escoger la línea de Análisis ó de Química Analítica; Cada serie tiene 38 créditos.





Podemos observar que este plan coincide con el establecido en 1976, pues como ya se ha señalado anteriormente, la consecución de dicho plan se extiende hasta 1986, último año de su aplicación y también en el que se completa el estudio de la reestructuración total de la carrera para imponer un nuevo plan a la misma, en 1987.

Pero, regresando al plan que se aplica actualmente, diremos que las materias de Ingeniería Química VII y VIII continúan tratando los temas de Cinética Química, Diseño de reactores homogéneos, heterogéneos y Catálisis, pero con un sentido mucho más profundo, reforzando los puntos débiles que existían anteriormente y aportando nuevos conocimientos y aplicaciones.

Hasta aquí, hemos hablado de los planes de estudio de la carrera de Ingeniería Química, que como ya se dijo es el marco de referencia para establecer el análisis del desarrollo o evolución de los respectivos programas de Ingeniería Química VII y VIII, que es lo que interesa en este momento, pero lo cual sería imposible sin el conocimiento del contexto general dentro del cual se sitúan para posteriormente, realizar una crítica objetiva.

Como se pone de manifiesto, siempre ha existido una reforma de los planes de estudio, pero, en forma global, para nuestra profesión. Sin embargo, como veremos a continuación, el programa de estudios para las materias de Ingeniería Química VII y VIII permaneció inalterable por muchos años, teniendo siempre la misma infraestructura desde que se crearon e implantaron estas materias en el plan correspondiente. Ello ha contrastado con su aplicación, en la cual el criterio profesional y la experiencia del personal docente que las imparte, ha determinado realmente los cambios trascendentales en el contenido temático de tales programas. De esta manera, se han modernizado y actualizado continuamente conforme se acerca el momento de llevarlos a la práctica.

En seguida, ponemos a su consideración esa infraestructura de la cual hemos hablado y que constituye el programa para las materias de Ingeniería Química VII y VIII.

INGENIERIA QUIMICA VII Y VIII(335 y 336)

I.- INGENIERIA QUIMICA VII Y VIII

II- OBJETO DEL CURSO

II.1 Definiciones generales.

Los cursos de Ingeniería Química VII(Cinética Química) e Ingeniería Química VIII (Catálisis) son sucesivos. El primero es preparación para el segundo, y tienen por objeto el estudio de la fenomenología de los procesos y sistemas en los que se produce un cambio en las propiedades de los mismos en función del tiempo.

II.2 Aplicación a)

Coordinan los modelos matemáticos resultantes con los correspondientes a otros fenómenos asociados directamente, con el fin de dimensionar armónicamente la pieza de equipo requerida para llevar a cabo el proceso.

II.3 Aplicación b)

Se analizan, de acuerdo a las bases establecidas, las condiciones actuales de operación de un proceso y en caso necesario se proponen los cambios pertinentes de variables a fin de mejorar la operación estudiada.

II.4 Aplicación c)

Establecer una metodología apropiada que permita el diseño de experimentos a fin de evaluar las diversas constantes previstas o propuestas.

Nota: Las aplicaciones indicadas, son enunciativas y no limitativas. Se puede sin embargo juzgar por ellas, las múltiples condiciones que el alumno debe cumplimentar, para un adecuado desarrollo de los cursos. Ver. Anexo # 2.

III. CONOCIMIENTOS A IMPARTIR

A. <u>Ingeniería Química VII.</u>	(92 hs)
III.1: <u>Objeto del curso</u>	( 2 hs)
III.2: <u>Cinética Química</u>	(12 hs)

2.1:	Velocidad de reacción.	1
2.2:	Factor Termodinámico	2
2.3:	Factor cinético	1
2.4:	Teorías de las velocidades absolutas	8
III.3:	<u>Reacciones en sistemas homogéneos</u> (60 hs)	
3.1:	Sistemas intermitentes	6
3.2:	Sistemas en retromezclado	24
3.3:	Sistemas continuos	30
III.4:	<u>Reacciones en sistemas heterogéneos</u> (22 hs) <u>no catalizados</u>	
4.1:	Sistemas intermitentes 2 fases líquidas	4
4.2:	Sistemas permanentes 2 fases líquidas	6
4.3:	Sistemas permanentes 1 fase líquida y una fase gaseosa	12
B.	<u>Ingeniería Química VIII</u> (92 hs)	
III.5	<u>Objeto del Curso</u> (2 hs)	
III.6	<u>Adsorción</u> (10 hs)	
6.1:	Adsorción física.	2
6.2:	Adsorción activada.	2
6.3:	Termodinámica de sistemas adsorbentes	6
III.7	<u>Sistemas Catalíticos</u> (40 hs)	
7.1	Cinética de las reacciones sobre superficie	6
7.2	Transferencia de masa.	
7.3	Transferencia de momento	20
7.4	Transferencia Térmica	
7.5	Modelos matemáticos del fenómeno	14

<b>III.8</b>	<b><u>Catalizadores</u></b>	(18 hs)
	8.1 Tipos, descripción y fabricación	6
	8.2 Módulos de partícula	12
<b>III.9</b>	<b><u>El Convertidor Catalítico.</u></b>	(22 hs)
	9.1 Tipos	
	9.2 Principios generales de diseño	22
	9.3 Problemas particulares de diseño	
	9.4 Problemas de distribución	
	9.5 Problemas de operación	
	9.6 Aplicaciones diversas	

Nota: Para los cursos de Ingeniería Química VII y VIII, se adjunta matriz de actividades como Anexo 1, a ser cubierta en el estudio de los sistemas reaccionantes. Esta matriz complementa tanto el objeto del Curso (Capítulo II) como los Conocimientos a Impartir (Capítulo III)

**IV. CONOCIMIENTOS NECESARIOS PARA QUIEN TOMA EL CURSO.**

Se adjunta como Anexo 2 , el organigrama: ANTECEDENTES, APLICACION Y OBJETIVOS, INGENIERIA QUIMICA VII Y VIII. (NO EXISTE)

Se marcan claramente el tipo de conocimientos previos básicos para los cursos de Ingeniería Quím. VII y VIII.

**V. CREDITOS.**

V.1 : Para las clases teóricas:

Mínimo- 80 hr/ semestre

Máximo- 92 hr/semestre

V.2 : Para Problemas:

Mínimo- 40 hr/semestre

Máximo- 50 hr/semestre.

VI.- PROBLEMAS

La práctica constante en la solución de problemas, permite al alumno un entendimiento eficaz de la temática, proyección y filosofía de los cursos.

VII.- PRACTICAS.

La variable más importante en el estudio de los cursos de Ing. Química VII y VIII, es el tiempo. Un buen laboratorio con unidades piloto típicas podría sugerirse. Sin embargo y en vista a que la experimentación es costosa y básicamente consume grandes unidades de tiempo, es preferible recomendar que las prácticas se substituyan por visitas a instalaciones industriales con sistemas reaccionantes con objeto de hacer objetiva la aplicación del curso.

Otra alternativa puede ser la visita a Institutos, e Investigación Tecnológica.

VIII.- MÉTODOS DE ENSEÑANZA

VIII.1 Exposición oral de temas y desarrollo de ejemplos en clase.

VIII.2 Trabajos de seminario.

VIII.3 Trabajos fuera del aula.

IX.- BIBLIOGRAFIA.

IX.1 Textos

1.1 Hougen & Watson Chemical Process

Principles Vol. III John Wiley & Sons.

1.2 Laidler, Chemical Kinetics, Mc. Graw Hill

1.3 Levenspiel, Chemical Reaction Engineering.  
Wiley & Sons.

1.4 Smith, Chemical Engineering Kinetics, Mc.Graw H.

1.5 Walas, Reaction Kinetics For Chemical Engineers.  
Mc Graw Hill.

IX.2 CONSULTA.

- 2.1 Aris- Introduction to the Analysis of Chemical Reactors (Prentice Hall)
- 2.2 Aris.- The Optimal Design of Chemical Reactors (Academic Press)
- 2.3 EMMET.- Catalysis , Vols 1 a 7 (Reinhold Pub.Co.)
- 2.4 Glasstone, Laidler, Eyring.- The Theory of Rate Processes.- Mc. Gra w Hill.
- 2.5 Heinemann.- Catalysis Review. Vol 1 & 2 , (Prentice Hall).

ANEXO 1.- Matriz de actividades sistemas reaccionantes. (NO EXISTE)

ANEXO 2.- Antecedentes aplicación y objetivos (NO EXISTE)  
Ingeniería Química VII y VIII.

Ags.



Un análisis rápido de este programa nos conduce a la siguiente observación: que comparado con el que realmente se cubre y aplica en las aulas de enseñanza, de acuerdo a la época y criterio del profesor (es decir, el programa actual y que será examinado con detalle en el subsecuente capítulo), tal esquema no cumple con las exigencias modernas, ha estado estancado durante bastante tiempo, y por lo tanto, se hace necesaria una innovación inmediata del mismo.

Que no, incluya solamente las aportaciones de experiencia docente e industrial del profesor, así como del alumno, en forma transitoria, sino que tenga una nueva estructuración bien establecida, que se ajuste a los cambios globales realizados en el plan de la carrera y a la realidad de la industria en nuestro país.

Finalmente, de todo lo anteriormente descrito se desprende que, para poder comparar los planes y programas de estudio de la carrera de Ingeniería Química en sus diferentes etapas o años educativos, debe hacerse teniendo un conocimiento del panorama nacional entendido éste como el progreso industrial y la oferta de fuentes de trabajo relacionadas con la profesión de Ingeniería Química, así pues para poder realizar esto con todo profesionalismo se debe empezar siempre por un estudio socio-económico del progreso nacional.

Esto implica a su vez que, las reformas o modificaciones que se hagan a los planes o programas de estudio deben realizarse de una manera acorde con nuestras necesidades tanto sociales como industriales.

CAPITULO No. 2 .

ANALISIS DEL PROGRAMA ACTUAL PARA LAS MATERIAS  
DE INGENIERIA QUIMICA VII Y VIII

Antes de proceder al análisis del programa actual, conviene hacer notar, que en el capítulo anterior se hizo la presentación de la infraestructura básica que conforma los programas de Ingeniería Química VII y VIII, realizándose un análisis rápido de la misma. En este segundo capítulo se profundizará un poco más en su estudio para poner de manifiesto sus inconvenientes, tomando en consideración las exigencias modernas. El enfoque será hacia un análisis del contenido de esos programas, es decir, que entraremos de lleno al aspecto académico de la Ingeniería de Reactores Químicos.

Podemos apreciar que la temática del programa de estudios para la materia de Ingeniería Química VII, fué estructurada dentro de una realidad nacional distinta a la actual, pues, la capacidad productiva de la planta industrial química y petroquímica, en aquellos años en que tenía vigencia la aplicación de este programa, empleaba para el diseño de reactores, material y personal extranjero; ya que por lo general, la mayor parte del equipo era importado y en consecuencia la fase de ingeniería y diseño se realizaba, junto con su construcción, en países extranjeros. Así que cuando este equipo era importado, nunca se llegaba a conocer la tecnología de construcción y diseño, pues ésta era privativa del país exportador, debido a la ya conocida competencia industrial y comercial de las fábricas proveedoras del extranjero.

Así es que, al revisar este programa, se encuentra que el énfasis temático del mismo, tiene una orientación hacia la descripción básica de los procesos, sus reacciones asociadas y la termodinámica de la Cinética Química; dejando en forma superficial el estudio de los reactores químicos, siendo éste último de

patente necesidad pero aún muy alejado, de las posibilidades tecnológicas de nuestro país en esas épocas.

Al interpretar este programa de estudios nos damos cuenta de que su enfoque era el correcto, aunque esto, desde el punto de vista moderno, constituye apenas las bases del curso actual, debido a que la realidad nacional en estos momentos coloca al profesionista del área química, dentro de un país más industrializado, pues actualmente México posee ya industrias capaces de construir y diseñar bajo especificaciones rigurosas, equipo para la industria química, como lo son los reactores.

Un exámen de la temática del programa de Ingeniería Química VIII, también demuestra que está básicamente orientado hacia una descripción y estudio en forma generalizada, de los procesos catalíticos. Está enfocado desde un punto de vista más termodinámico y por lo tanto teórico, que hacia el de aplicación industrial. Esto es perfectamente explicable si igualmente que en el caso anterior, se analiza la realidad industrial de la nación de aquellos años, donde tanto la industria química como la petroquímica, se encontraban en fase de desarrollo, y que por lo tanto, la mayoría de las sustancias químicas industriales como los catalizadores, eran en ese entonces material de importación, es decir, que el México de aquella época no poseía los conocimientos necesarios a nivel profesional, en relación al equipo y al tipo de procesos involucrados en la fabricación de esas sustancias.

Estos programas oficiales prescriben únicamente un temario reducido y muy generalizado de la materia de cada curso, pero sin imponer en forma rígida el orden o secuencia en que los temas han de ser tratados. Este orden siempre ha podido y puede ser modifi-

cado libremente por el profesor, que por ese medio, atiende mejor a los intereses didácticos de la enseñanza, asegurando un buen aprendizaje por parte de los alumnos.

En la práctica, los catedráticos, preservando los valores esenciales del programa mínimo, han ido efectuando continuamente los cambios pertinentes en las cartas descriptivas, enriqueciendo el contenido temático. Cambios que han sido determinados por el avance tecnológico e industrial del país, en sus diversas etapas de desarrollo. Por lo tanto, este tipo de reestructuración sobre la marcha, progresiva y basada en la experiencia docente, ha ido proporcionando cada vez un programa mejor y más actualizado conforme ha pasado el tiempo, tratando entre los muchos propósitos a lograr, que cada unidad del programa constituya un curso en miniatura, sobre el área o sector de la materia, que dicha unidad enfoca.

Debido a que vinculado al avance industrial tenemos al tecnológico, modernos instrumentos producto de esa tecnología, como son las microcomputadoras y las calculadoras programables, influyen directamente en el conocimiento, ya que, a consecuencia de los rápidos medios de difusión pueden estar prontamente disponibles al público. Ello incide en su inmediata aplicación y correspondiente repercusión en la enseñanza. De tal modo que, el poder disponer de calculadoras programables para la resolución de complicados problemas de diseño y construcción de reactores químicos, dentro del tiempo disponible en el salón de clases, ha marcado una de las principales diferencias, sino es que la más importante, en cuanto a la impartición y asimilación de los conocimientos de las Ingenierías Químicas VII y VIII a través de los años.

Al tener ahora la posibilidad de resolver mejor y más problemas, se ha logrado una mayor profundización teórica y práctica en los complejos temas que comprende el diseño de reactores químicos -y que antaño sólo podían ser tratados en forma superficial- en consecuencia, también esto ha permitido al catedrático universitario efectuar, con base en su criterio y de acuerdo a la época, modificaciones en los programas de Ingeniería Química VII Y VIII, pudiendo integrar más temas y ampliar los ya expuestos hasta llegar a la estructuración del programa actual.

El análisis del programa actual (1983-1986) para el estudio de las Ingenierías Químicas VII y VIII, en general se basará en tres puntos básicos de referencia, es decir, se tendrá:

1. El análisis del programa desde el punto de vista industrial
2. Desde el punto de vista académico y
3. Análisis desde el punto de vista didáctico.

Estos tres enfoques globales del mismo problema, permitirán tener una perspectiva más adecuada y completa, para analizar un tipo de conocimientos elevados como lo son, la teoría y problemas de la Ingeniería Química.

Para efectuar este estudio analítico, inicialmente es necesario conocer el plan del curso para estas materias, el cual es presentado a continuación:

## PROGRAMA DE ESTUDIO PARA LA INGENIERÍA QUÍMICA VII.

### I. Introducción

Termodinámica

Cinética Química

Clasificación de las reacciones

Variables que afectan a la velocidad de reacción.

Definición de la velocidad de reacción.

## II. Cinética de las reacciones homogéneas.

Factor dependiente de la concentración en la ecuación cinética.

Reacciones simples y múltiples.

Reacciones elementales y no elementales.

Punto de vista cinético del equilibrio en reacciones elementales.

Molecularidad y orden de reacción.

Coefficiente cinético  $k$ .

Representación de la velocidad de reacción.

Modelos cinéticos para reacciones no elementales.

Ensayo con modelos cinéticos.

Factor dependiente de la temperatura en la ecuación cinética.

Dependencia de la temperatura según la ecuación de Arrhenius.

Dependencia de la temperatura según la termodinámica.

Dependencia de la temperatura a partir de la teoría de colisión.

Dependencia de la temperatura a partir de la teoría del estado de transición.

Comparación de ambas teorías

Comparación de las teorías con la ecuación de Arrhenius.

Energía de activación y dependencia de la temperatura.

Predicción de la velocidad de reacción a partir de las teorías anteriores.

Investigación del mecanismo.

Predicción teórica de la velocidad de reacción.

Factores que dependen de la concentración.

Factores que dependen de la temperatura.

Empleo en el diseño, de los valores predichos.

### III. Interpretación de los datos obtenidos en un reactor discontinuo.

Reactor discontinuo de volúmen constante.

Método integral de análisis de datos.

Método diferencial de análisis de datos.

Reactor discontinuo de volumen variable.

Temperatura y velocidad de reacción.

Investigación de una ecuación cinética.

### IV. Introducción al diseño de reactores.

Ecuación general del diseño de reactores (balance de masa y energía).

Descripción de cada término de la ecuación.

### V. Reactores ideales.

Reactor ideal discontinuo.

Tiempo espacial y velocidad espacial.

Reactor de flujo de mezcla completa en estado estacionario.

Reactor de flujo en pistón en estado estacionario.

Tiempo de permanencia y tiempo espacial para sistemas fluyentes.

### VI. Diseño para reacciones simples.

Comparación de tamaños en sistemas de un solo reactor.

Reactor discontinuo.



Comparación del reactor de mezcla completa y el de flujo pistón para reacciones de primer orden y segundo orden.

Variación de la relación entre reactores para reacciones de segundo orden.

Comparación gráfica general.

Sistemas de reactores múltiples.

Reactores de flujo pistón en serie y/o paralelo.

Reactores de mezcla completa de igual tamaño conectados en serie.

Reactor con recirculación.

Reacciones autocatálíticas.

#### VII. Diseño para reacciones múltiples.

Reacciones en paralelo.

Reacciones en serie.

Reacciones sucesivas de primer orden.

Estudio cuantitativo para reactores de flujo pistón ó para reactores discontinuos.

Reacciones reversibles en serie ó en paralelo.

Reacciones sucesivas irreversibles de diferente orden.

Reacciones en serie-paralelo.

Extensiones y aplicaciones.

#### Bibliografía:

a) Smith, J.M.

Chemical Engineering Kinetics, Ed. Mc Graw-Hill,  
1970 y 1981 (2a. y 3a. edición).

b) Levenspiel, Octave.

Ingeniería de las Reacciones Químicas, Ed. Reverté, 1981.

c) Walas, Stanley.

Reaction Kinetics for Chemical Engineers, Ed.

Mc Graw-Hill, 1959.

## PROGRAMA DE ESTUDIO PARA LA INGENIERIA QUIMICA VIII

### I. Reactores heterogéneos.

Velocidades totales de reacción.

Tipos de reacciones heterogéneas.

### II. Catálisis heterogénea.

Características generales.

Naturaleza de las reacciones catalíticas.

Mecanismo de las reacciones catalíticas.

Adsorción en superficies sólidas.

Química de superficies y adsorción.

Teoría de la adsorción de Langmuir.

Propiedades físicas de los catalizadores.

Determinación del área superficial.

Volúmen de espacios vacíos y densidad del sólido.

Distribución del volumen de poros.

Clasificación y preparación de los catalizadores.

Clasificación de los catalizadores.

Preparación de los catalizadores.

Promotores e inhibidores.

Venenos (Vida del catalizador).

### III. Cinética de las reacciones catalíticas fluido-sólido.

Velocidades y equilibrio de quimisorción.

Velocidades de quimisorción.

Isotermas de adsorción.

Velocidades de las reacciones catalíticas fluido-sólido.

Velocidades de adsorción y desorción.

Ecuaciones de velocidad en términos de concentraciones en la fase fluida y en la superficie catalítica.

Análisis cualitativo de las ecuaciones de velocidad.

Interpretación cuantitativa de los datos cinéticos.

#### IV. Procesos de transporte externo en reacciones heterogéneas.

Reactores de lecho fijo.

Efecto de los procesos físicos sobre las velocidades de reacción observadas.

Correlaciones de transferencia de masa y calor.

Cálculo de las diferencias de concentración externas.

Cálculo de diferencias de temperaturas externas.

Efecto de las resistencias externas sobre la selectividad.

Reactores de lecho fluidizado.

Correlaciones de transferencia de masa y calor.

Reactores de Lechada.

Correlaciones de transferencia de masa.

Efecto de la transferencia de masa sobre las velocidades observadas.

#### V. Reacción y difusión en el interior de los catalizadores porosos: Procesos de transporte interno.

Transferencia intragranular de masa.

Difusión gaseosa en un sólo poro cilíndrico.

Difusión en catalizadores porosos.

Difusión superficial.

Transferencia intragranular de calor.

El concepto de conductividad térmica efectiva.

Datos de conductividad térmica efectiva.  
Transferencia de masa durante la reacción.  
Factores de efectividad.  
Importancia de la difusión intragranular: Evaluación del factor de efectividad.  
Factores de efectividad experimentales y calculados.  
Efecto de la transferencia intragranular de masa sobre la velocidad observada.  
Transferencia de masa y calor durante la reacción.  
Factores de efectividad no isotérmicos.  
Factores de efectividad no isotérmicos experimentales.  
Efectos de las resistencias internas sobre la selectividad y el envenenamiento.  
Selectividad para catalizadores porosos.  
Velocidades para catalizadores porosos envenenados.

Bibliografía:

- a) Hougen, Olaf A. and Watson, Kenneth M.  
Chemical Process Principles, Vol. 3, Ed. John Wiley,  
1949.
- b) Smith, J.M.  
Chemical Engineering Kinetics, Ed. Mc Graw-Hill, 1970  
y 1981 (2a. y 3a. edición).
- c) Carberry, James J.  
Chemical and Catalytic Reaction Engineering, Ed.  
Mc Graw-Hill, 1976.

En seguida, se procederá al examen correspondiente de estos programas:

## 1. ANALISIS DESDE EL PUNTO DE VISTA INDUSTRIAL.

Estos programas de estudio que se aplican actualmente (1983-1986), para las materias de Ingeniería Química VII y VIII, como se puede apreciar, son mucho más extensos, tanto en la estructura como en la profundidad de los temas y material complementario. Esto se debe a que la ingeniería nacional ha alcanzado, en el presente, un grado de desarrollo que permite al país contar con la capacidad para diseñar y fabricar equipo sofisticado para la industria química y petroquímica, es decir, México es ya un país poseedor de una tecnología propia, con la cual ha logrado la fabricación y el autoabastecimiento de su equipo industrial, que conjuntamente con su calidad y correcta aplicación, recae directamente en manos de los ingenieros que lo producen, delegando así, una mayor responsabilidad a la educación, a la capacitación personal de los miembros activos de la Ingeniería Química nacional.

De aquí la importancia de materias o asignaturas como la Ingeniería Química VII, que radica en proporcionar la base sólida de conocimientos para el diseño de reactores industriales que posteriormente se aplicará tanto a los procesos no catalíticos como a los catalíticos.

Al ir penetrando poco a poco nuestra industria nacional en el terreno más complejo de la química y la petroquímica, se hizo notorio que en todo proceso de obtención de nuevas sustancias químicas, juega un papel preponderante la rapidez con que pueden ser económicamente obtenidas; objetivo alcanzado mediante los catalizadores, responsables principalmente de la aceleración en la fabricación de estas sustancias nuevas, cuya repercusión en la sociedad determina el progreso de la misma.

Por la manufactura y empleo de los catalizadores presenta como contrapartida, la terrible lucha comercial entre compañías por lograr la supremacía en determinado campo, y vencer a los competidores acaparando o monopolizando el mercado de ventas para cierto producto. Todo esto se traduce a su vez en una gran batalla contra el tiempo, en la que la Ingeniería Química es el factor decisivo para obtener la victoria. Es de este modo, que el estudio y aprondizaje de temas tales como la catálisis y el diseño de reactores heterogéneos, comprendidos en la Ingeniería Química VIII, desempeñan un rol muy especial en la práctica profesional.

## 2. ANALISIS DESDE EL PUNTO DE VISTA ACADEMICO.

Desde esta perspectiva, los programas de Ingeniería Química VII y VIII representan, como documentos en sí, una parte esencial dentro del proceso educativo. Son la guía para fijar los procedimientos dentro del sistema universitario.

Mediante ellos, se han planeado y organizado los esquemas que han servido de modelo para el desarrollo de las funciones docentes.

El contenido de tales cursos está formulado de manera que incorpora e integra las enseñanzas, que ayudan a instrumentar teórica y prácticamente a los estudiantes, para que puedan aplicar los principios aprendidos. Su secuencia lógica está dispuesta en forma didáctica y pedagógica, proporcionando la conformación final de los programas adecuándolos a la realidad académica y respectiva capacidad y experiencia que los alumnos poseen. Siendo este punto el de mayor valor, puesto que, de ello depende completamente la impartición y asimilación del conjunto completo de conocimientos que deben cubrirse en su totalidad y sin embargo, no sobrepasar el tiempo académico marcado dentro del contexto real de un semestre.

La estructuración de los actuales programas obedece principalmente a necesidades específicas de conocimiento de tipo industrial, es decir, de aquellos temas tanto teóricos como científicos y su respectiva relación y aplicación dentro de los procesos de reacción química. Mediante los programas, se ha procurado dar la preparación adecuada que permita al educando captar íntegramente los fenómenos estudiados e interpretarlos correctamente, al llevar a cabo el diseño de reactores químicos y por tanto la de-

terminación de sus especificaciones.

Debido a la automatización realizada en la resolución de pro  
blemas, se han logrado avances significativos en el sistema de en  
señanza-aprendizaje. Todas las condiciones actuales y experimenta  
les de la operación de un proceso, pueden ser ya tomadas en consi  
deración. Cambios de variables y sus efectos o consecuencias en  
el comportamiento de dicho proceso ahora son posibles de analizar  
rápida y detalladamente. Ello ha conferido a los alumnos un senti  
do de visualización más amplia que se refleja posteriormente en  
su criterio profesional.

La relación existente entre la Ingeniería Química VII y VIII,  
desde el punto de vista académico, consiste básicamente en una  
continuación estructural, es decir, que la metodología estudiada  
para el diseño de reactores químicos homogéneos, es el fundamento  
para la comprensión y aplicación del diseño de reactores heterogé  
neos.

Ambas materias constituyen dos cursos complementarios, que  
en conjunto contribuyen al logro de un objetivo: proporcionar un  
tipo específico de información profesional requerido para el de-  
sempeño de una actividad; la ingeniería de reactores, que confor-  
ma una especialidad dentro del ámbito de la Ingeniería Química y  
con gran campo de acción en la industria.



### 3. ANALISIS DESDE EL PUNTO DE VISTA DIDACTICO.

Este enfoque nos lleva a examinar, en primer lugar, la forma en como se ha distribuido el contenido de los cursos, para facilitar el aprendizaje de las disciplinas Ingeniería Química VII y VIII. Propósito logrado en los programas, al haberse efectuado la división de la materia en unidades, por medio de la cual, se observa el progreso tenido y se mantiene lo realmente básico, necesario y funcional para la enseñanza y para estudios posteriores.

Los temas abarcados por unidad descienden a subdivisiones más importantes, a sus conexiones y efectos. El criterio fundamental que se ha seguido para esta división de las unidades, en subunidades componentes, siempre ha sido el de su mayor eficacia didáctica, para conseguir de los alumnos una comprensión perfecta de esos temas y de sus relaciones básicas.

Otro aspecto a considerar en este análisis, es el de las diferentes técnicas didácticas que han surgido a partir de las metodologías de enseñanza, adoptadas por los catedráticos al llevar a efecto los cursos de Ingeniería Química VII y VIII.

Teniendo siempre presente los requisitos y metas de la asignatura, cada elemento del equipo magisterial que la imparte, ha desarrollado procedimientos propios para la transmisión de conocimientos, imprimiendo así su rasgo de personalidad en cada exposición y aplicando su experiencia y criterio profesionales.

Derivadas del ejercicio pleno de la libertad de cátedra, señalaremos las siguientes tecnologías docentes aplicadas hasta el momento:

1) Exposición oral por medio de lecciones explicativas como recurso básico para exponer la disciplina, aclarando al alumno

los asuntos, ideas y relaciones que constituyen la teoría de la micna.

2) Modalidad inductiva, llevando a los educandos a un reconocimiento previo del terreno, mediante el acopio e identificación de los aspectos que servirán de material fundamental para las sub siguientes actividades de aprendizaje.

3) Presentación de la asignatura por escrito, mediante material de lectura distribuido previamente, o por indicaciones bibliográficas bien específicas y limitadas que los alumnos deben leer para preparar la clase.

4) Impartición de nuevos conocimientos y habilidades mediante la combinación de instrucción individual y de grupo.

5) Programación del trabajo a través de un plan establecido, que consiste en la integración de equipos para desarrollar temas en forma oral o realizar tareas especiales, ayudando a despertar la imaginación creativa del alumno.

6) Descripción de experiencias personales que implican la aplicación de ideas o técnicas que se proponen presentar a los estudiantes.

7) Descripción de los procesos, planteando la necesidad de los conocimientos y la realización de preguntas en relación con dichos procesos.

8) Demostración objetiva o exhibición práctica, acompañada de explicaciones pertinentes para realizar una operación, resolver un problema o comprobar razonamientos abstractos que se manejan con símbolos.

9) Empleo de preguntas orales u escritas para promover el interés y atención, desarrollar la capacidad mental o simplemente

para rememorar, relacionar una cuestión con otras anteriores o promover la reflexión en los alumnos.

10) Manipulación de material didáctico seleccionado de textos y publicaciones periódicas relativas a la disciplina estudiada.

11) Ejemplificación del curso de un determinado proceso u operación por medio de casos particulares y aplicación de ejercicios.

12) Establecimiento de breves discusiones entre los educandos, con el fin de que se incorporen todos a la clase aportando opiniones e ideas y, tomen parte activa en la revisión, repetición o aclaración de información.

13) Supervisión directa del estudio y aprendizaje de información técnica y los tópicos relacionados, tan esenciales, para la comprensión de la ingeniería química.

14) Asignación de problemas para lograr que los estudiantes dominen la información teórica, mediante su resolución.

15) Verificación de la base de conocimientos previos de los educandos para determinar su capacidad.

16) Asignación de tareas (etapa de aplicación práctica), en cada clase, semanal o mensualmente, dependiendo del tipo y cantidad o grado de dificultad de las mismas. Inclusive algunas de ellas se destinan para el término del semestre.

La estimación o corroboración de la efectividad en la enseñanza, los resultados de la misma, así como el nivel de rendimiento de los alumnos, se realiza a través de una etapa de pruebas in formales, efectuando exámenes escritos parciales o totales como evidencias concretas de la comprensión de conocimientos adquiridos,

y cuyo número varía en función del tiempo disponible (3 ó 4 por semestre) o de los temas estudiados o contenidos en el programa.

El esfuerzo de los educandos durante todo el semestre (cumplimiento en tareas, asistencia, participación en clase, etcétera), es tomado en consideración como parte de la calificación total o final.

Igualmente, las actividades de los alumnos se han orientado para que participe activamente en su aprendizaje. Estas actividades principalmente son extraclase, efectuando trabajos de investigación sobre artículos de revistas especializadas y desarrollo de proyectos de diseño.

En la impartición de los cursos, se emplean el lenguaje didáctico y como medios auxiliares: principalmente el pizarrón, un libro de texto adoptado (con la indicación de los capítulos a seguir) y la bibliografía complementaria.

Los catedráticos utilizan en cada caso, los métodos y técnicas que mejor se adaptan a su problema particular de enseñanza y a la calidad del grupo. Emplean por tanto, un sinnúmero de recursos pedagógicos -además de los conocimientos propios de su especialidad- a fin de mejorar su desempeño y organizar adecuadamente sus clases. Del mismo modo, impulsan el estudio y aplicación de nuevos sistemas de enseñanza para formar recursos humanos mejor calificados, ya que están conscientes de la dificultad que existe en preparar personas aptas para resolver problemas que se originan en una ciencia tan dinámica como la ingeniería de reactores.

En todos los casos, el principal factor distintivo de la obvia diferencia entre los programas de estudio antiguos y modernos -como se ha mencionado con anterioridad- ha sido la automatización del procedimiento para la resolución de problemas sobre reactores químicos, tanto homogéneos como heterogéneos, pues la técnica de resolución ha variado según la época, como veremos a continuación:

1. La resolución de problemas de ingeniería química con el empleo de regla de cálculo y tablas matemáticas auxiliares, constituyó una etapa que abarcó desde 1945 hasta 1965. Por lo general en esta época, el tratar de resolver problemas de diseño y construcción del equipo, resultaba una labor ardua y tediosa que podía ocupar meses de trabajo, razón por la cual, la resolución de problemas se abocaba hacia las situaciones más fáciles de resolver con los métodos disponibles. Así por lo general, los problemas de esta época eran esencialmente de verificación de la teoría, o bien de sustitución o deducción algebraica.

2. La resolución de problemas de Ingeniería Química con el empleo de grandes computadores, implicó la etapa que comprende desde el año de 1966 hasta la década de los 70's. La complejidad de los problemas que pueden ser resueltos por medio de computadoras, son esencialmente de diseño y construcción y de todos aquellos que presentan para su solución, la característica de búsqueda o iteración de un proceso específico para obtener el resultado deseado.

3. Actualmente, la resolución de problemas de Ingeniería Química con el empleo de minicomputadoras, microcomputadoras y calculadoras programables, es una opción que ha permitido el poder so-

lucionarlos dentro del tiempo y condiciones enmarcados por el salón de clases.

Dentro del campo académico no hay limitación en el uso y aplicaciones que pueden tener las computadoras, el único impedimento es el alto costo actual del equipo, sus accesorios y refacciones.

Un programa o plan de curso que cumple con todos los propósitos -de acuerdo a la época-, para los cuales fué elaborado, es un cuadro de referencias esenciales para la pauta y control del trabajo que se va a hacer; es un instrumento operacional al servicio del profesor y del aprendizaje de los educandos, contribuyendo a la mayor seguridad y eficacia del trabajo. Por lo tanto, debe ser progresivo y flexible, con cierta elasticidad para reajustarse a nuevos hechos que emerjan, a nuevas necesidades.

Y con razón, las observaciones que se hagan en torno a él, son importantes, porque resaltan las omisiones, deficiencias y puntos débiles que deben superarse, para elaborar posteriormente programas más perfeccionados, aprovechando anteriores experiencias. De este modo, se prepara un perfeccionamiento progresivo de los planes de enseñanza, en los que siempre se impone una oportuna revisión de su ejecución, reajustándolos a las posibilidades reales que se presenten en lo inmediato, sin romper su unidad y continuidad. Este es uno de los objetivos que se persiguen con este trabajo de tesis, al proponer ciertas modificaciones para el programa de Ingeniería Química VII.

Las interconexiones de información existentes entre todas las asignaturas de nuestra carrera, dan lugar a que el aprendizaje previo de un determinado número de ellas sirva para comprender y penetrar en el estudio de la Ingeniería de Reactores (Ingeniería Química VII y VIII). Por ello, el siguiente capítulo considerará las relaciones interdisciplinarias, remarcando la importancia de dicha disciplina en el cuadro profesional y dando relieve a lo indispensable de la actualización de su programa de estudios.

**CAPITULO No. 3 .**  
**RELACIONES INTERDISCIPLINARIAS**



### III. RELACIONES INTERDISCIPLINARIAS.

Inmersos en la carrera de Ingeniería Química, los nexos existentes entre la Ingeniería de reactores homogéneos y las demás disciplinas académicas, se ponen de manifiesto al realizar un estudio de las relaciones interdisciplinarias. Este estudio se puede establecer en base a dos puntos de vista: el académico y el industrial.

#### 1) Enfoque académico.

Dentro de este aspecto, los nexos de las disciplinas académicas quedan establecidos por la seriación de materias, contemplada en el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Química.

La seriación, cuya implantación nunca ha sido arbitraria, si no proveniente de un continuo perfeccionamiento del proceso educativo a través de la experiencia docente y profesional, ha ido adaptándose a la práctica de la enseñanza para proyectar la estructura de la relación entre asignaturas, y su distribución adecuada sobre los nueve semestres que conforman la carrera. Así, se conduce al futuro egresado al dominio de las materias y al conocimiento de lo que desea aprender.

Ningún curso es independiente, sino que se relaciona con los precedentes y con los que siguen formando un todo armónico que constituye la carrera. Los cursos se ordenan en una lógica y adecuada secuencia para formar una serie completa sobre una rama específica, así tenemos una serie integrada por todas las materias de Ingeniería Química, otra serie formada por las Fisicoquímicas, la serie estructurada por el conjunto de disciplinas dentro del área de las Matemáticas, etcétera.

En cada curso se establecen las bases de enseñanza informati

va o teórica (tales como determinados cálculos), cuyo conocimiento debe ser previo a los siguientes cursos de práctica (laboratorios).

Por la forma en que ha sido estructurada la seriación, el estudiante no se enfrenta al aprendizaje de numerosos hechos escasamente relacionados entre sí, sino que puede abordar los diferentes temas de la Ingeniería Química en forma más racional. Así, el aprendizaje es cursado paso a paso, cada tema nuevo que se aprende está relacionado, en todo lo que es posible, con cuestiones ya conocidas. Este encañamiento sólo se logra si el aprendizaje se prosigue sistemáticamente a través de la seriación.

En consecuencia, la organización de una carrera como una serie de cursos formando etapas progresivas en una jerarquía ascendente de aprendizaje, es particularmente útil en la enseñanza de una profesión.

Puesto que, la práctica de una profesión implica la realización de actividades específicas, se requiere de un gran apoyo, es decir, de una preparación académica que garantice la eficacia de esas actividades en su ejecución, así como también se requiere un nivel de conciencia que asegure la toma de decisiones y el mejor juicio en la práctica profesional. Por tanto, se han establecido las relaciones interdisciplinarias a modo de proporcionar un cúmulo suficiente de conocimientos para obtener un cuadro de formación profesional completo.

## 2) Enfoque industrial.

La Ingeniería Química comparada con otras ciencias presenta una gran ventaja: la de ser base científica y técnica para una muy poderosa industria que diariamente se enfrenta a la resolución de un gran número de problemas tecnológicos, para lograr un aumento de capacidad y productividad.

Dentro de la Ingeniería Química una de las principales especialidades está constituida por la Ingeniería de reactores, que tiene por fin dominar las transformaciones químicas a escala industrial. Es una rama del saber bastante difícil, porque diversas influencias se ejercen al mismo tiempo, tales como: flujo, transmisión de calor, transferencia de masa y cinética química.

Además del equipo donde tienen efecto los procesos físicos, estan también, evidentemente, los aparatos en que se efectúa la reacción química. Estos equipos pueden incluso quedar como perdidos entre un cúmulo de dispositivos: bombas, recalentadores, evaporadores, absorbedores, etcétera; sin embargo, los reactores constituyen, con frecuencia, el elemento central de la producción.

También no hay que olvidar el factor tiempo, el cual desempeña un papel esencial en la producción industrial. El rendimiento del horario está condicionado por el rendimiento teórico y por los factores cinéticos. La finalidad del Ingeniero Químico es producir mucho en poco tiempo. De aquí, la importancia que representa la eficiencia de un proceso o sistema en la industria, como consecuencia de la acción concertada de todas y cada una de las operaciones físicas y químicas que intervienen en su realización, y de la forma en que éstas se encuentran articuladas entre sí. Esto pone de manifiesto la interacción de las disciplinas o asigna-

turas para vincular los conocimientos y actividades académicas con las necesidades y métodos de trabajo dentro del campo profesional; adecuándose así, el desarrollo tecnológico a la industria química nacional.

La importancia de estos dos aspectos de una profesión, tanto el académico como el industrial, radica en que conjuntamente constituyen la formación integral de un buen profesionista. Por lo tanto, sería ilógico tratar de separarlos al referirse a los nexos que guardan las disciplinas académicas entre sí. Así mismo, una discusión completa de estas relaciones interdisciplinarias y específicamente de aquellas establecidas con la Ingeniería de reactores homogéneos, sería imposible de realizar dentro del pequeño marco de referencia que constituye un capítulo de tesis. No obstante, en este capítulo se destacan los aspectos imprescindibles relativos al apoyo y refuerzo mutuo de las diversas asignaturas y la Ingeniería de reactores.

Es conveniente mencionar a continuación que se hará la siguiente consideración: no se hablará de cada materia en forma independiente, sólo cuando el caso lo amerite. Debido a que en el conjunto de las diversas asignaturas, existe un hilo de continuidad y de interrelación progresiva a modo de constituir diferentes áreas académicas, dentro de este capítulo se hará referencia a las mismas. Así se considerarán las siguientes áreas: Fisicoquímica, Química Orgánica, Matemáticas, Ing. Económica, Computación, Física, Análisis y Química Analítica, Ing. Mecánica y Diseño de e equipo, Ing. Eléctrica, Tecnología de Servicios, Ingeniería de Procesos e Ingeniería Química.

Cada una de estas áreas aporta su contribución académica e industrial a la integración total de conocimientos requeridos para su aplicación en la Ingeniería de reactores homogéneos, la cual a su vez refuerza y complementa el aprendizaje y comprensión de las mismas, para lograr la formación de un profesionalista cuyo éxito esté asegurado.

A continuación, se procede a destacar los aspectos más importantes de estas relaciones sostenidas por las diferentes áreas académicas y la Ingeniería de reactores.

## AREA DE TECNOLOGIA DE SERVICIOS.

Constituida únicamente por una sola asignatura que precisamente recibe la denominación de Tecnología de Servicios, esta disciplina académica constituye uno de los pilares fundamentales de la Ingeniería de reactores. El conocimiento de los aspectos de diseño de los servicios primarios y secundarios requeridos para un determinado proceso, es esencial para lograr la buena operación de los reactores dentro de una instalación industrial.

Dentro de los servicios primarios (agua, combustible, vapor de fuerza y de proceso, almacenamiento y movimiento de materias primas y productos), la Tecnología de servicios proporciona la selección adecuada de los métodos de tratamiento para el agua de proceso, de enfriamiento, como medio de calentamiento o de lavado, requerida por el reactor químico.

Cuando se trata de agua de proceso, mediante la metodología sugerida por la Tecnología de Servicios, el agua necesaria es altamente purificada para su empleo como uno de los compuestos reaccionantes o como solvente, así como también para evitar la contaminación de productos o el envenenamiento de catalizadores.

Así mismo, el agua empleada como medio de enfriamiento en un reactor necesita cierto tratamiento para evitar incrustaciones, formación de algas o corrosión. En este último caso se inyectan inhibidores de corrosión cuya concentración se comprueba diariamente. La Tecnología de Servicios recomienda para el sistema de enfriamiento de las camisas, el uso de agua desmineralizada o condensado- la que posteriormente es enfriada por medio de intercambiadores con aire o con agua y se recircula al equipo. Por supuesto, el grado de tratamiento es mayor para sistemas de recirculación, ya que las impurezas se concentran a medida que ocurren por

didus por evaporación, por ejemplo, cuando se recircula a través de torres de enfriamiento y se retorna a los usuarios.

Como medio de calentamiento, el agua requiere de tratamiento antes de su uso, para evitar que al calentarse las sales de calcio se depositen (si se trata de agua dura) como incrustación, lo cual produce una disminución en las capacidades de transmisión de calor y restringe el flujo del fluido si no se remueve.

El agua utilizada para múltiples operaciones de lavado tales como limpieza de determinada área del proceso, debe estar libre de sedimentos, pero no requiere ningún tratamiento especial a menos de que se trate de agua de lavado para el interior del equipo.

La Tecnología de Servicios aporta los procedimientos para la selección de los sistemas de generación de vapor y su equipo auxiliar. Durante el funcionamiento de un reactor puede emplearse el vapor como medio de calentamiento a través de serpentines o camisas, además el condensado no contaminado de vapor, constituye otra fuente excelente de agua pura para su uso de proceso.

Así también, las normas para el adecuado manejo y almacenamiento de los combustibles empleados en el proceso industrial, son indicadas por la Tecnología de Servicios. Además, aborda los sistemas y equipo empleados para el almacenamiento y movimiento de materias primas y productos. Movimiento al punto de embarque y viceversa, de materias primas y productos líquidos y gaseosos por tuberías, respetando las leyes y reglamentos locales y federales.

Las directrices sobre el planeamiento de los servicios secundarios, son proporcionadas a través de la Tecnología de Servicios.

Servicios de mantenimiento, sistemas de drenaje y eliminación de desechos, servicios de ferrocarril, accesos de toda la planta

para el equipo de servicio, aire para el proceso y seguridad -en el sentido de vigilancia-, constituyen los principales servicios secundarios.

También es importante considerar desde el punto de vista educativo, la relevancia de la Tecnología de Servicios, por tratarse de una disciplina fundamental para la formación del Ingeniero Químico en la actualidad.



## AREA DE COMPUTACION.

El objetivo fundamental constituido por la actualización y superación del nivel de conocimientos del futuro profesionalista, se alcanza cuando las materias se apoyan y refuerzan recíprocamente, como es el caso de la Computación y la Ingeniería de Reactores.

La aplicación de la computación a la Ingeniería de reactores, ha permitido un óptimo desarrollo y ejercicio profesional de los ingenieros químicos. De aquí la importancia de que el profesionalista en ciernes, durante el curso de su carrera, logre el dominio de la computación. Razón por la cual, siempre se trata de que todas las asignaturas que lo requieran, contempladas en los programas de estudio, utilicen la computación como un elemento asociado a la metodología de la enseñanza. Dentro de este aspecto, la computación permite elaborar programas adecuados para el ejercicio docente.

La colaboración conferida por el área de computación a la Ingeniería de reactores homogéneos, en base a un enfoque académico, consiste en su contribución tanto al proceso de actualización y perfeccionamiento de los futuros egresados, como de los profesionalistas ya experimentados cuya especialización o área de trabajo constituye la Ingeniería de Reacciones Homogéneas. Además, el profesionalista a futuro en tanto se prepara para ejercer, aprende el lenguaje, los algoritmos y técnicas de cómputo que le permiten ampliar sus elementos de metodología de aprendizaje de la Ingeniería de reactores.

Las computadoras representan la máxima expresión de potencialidad de cálculo dentro de la resolución de problemas en la Inge-

nería Química. Largos y complejos problemas tienen la posibilidad de resolverse en el lapso limitado de un período semestral.

Y en consecuencia, se hace factible la mejor comprensión de los conocimientos teóricos de la Ingeniería de Reactores al observarse su inmediata aplicación en la resolución de problemas.

El ahorro de tiempo en la resolución de estos problemas por medio de computadoras, trae consigo el aprendizaje de un mayor número de conocimientos y de un mayor período de práctica, en la resolución de los mismos.

Aplicando la computación, se puede analizar en forma conjunta causas, estado actual, efectos y resultado o solución de un problema o conjunto de ellos.

Los métodos computarizados permiten experimentar modificaciones, para observar el comportamiento o efecto de diversas variables sobre un proceso. También hacen posible examinar casi de inmediato los resultados obtenidos, para establecer criterios u opiniones y considerar efectos o interrelaciones entre ellos.

La computación puede constituir también, una rama de especialización dentro de la carrera de Ingeniería Química, contribuyendo así a una elevación del nivel profesional y mejores aspiraciones.

Al nivel de técnica aplicada, o sea a nivel industrial, la relación existente entre el mundo de la computación y el trabajo práctico de Ingeniería Química se destaca al prestar el computador inmejorables servicios, sobre todo liberando al ingeniero de tareas rutinarias, engorrosas e incluso fatigantes; haciendo posible su dedicación a otras tareas más realizadoras y creativas como lo es el diseño de equipo más moderno, a fin de lograr un mayor control y mejor precisión en la obtención de datos necesarios

para evaluar el proceso químico.

El campo de aplicación por excelencia para la computación, lo constituye la producción de una planta o fábrica.

Las principales aplicaciones a considerar de las computadoras dentro de una planta o fábrica, al servicio de la Ingeniería de reactores, son:

Aplicación al diseño mecánico. Dentro de esta rama tenemos el llamado control numérico de las máquinas-herramienta. El desarrollo de extensos programas de computación para análisis de tensión y presión. Métodos de diseño de equipo. Métodos de aislamiento y resistencia de materiales. Análisis de deformación y resistencia a altas temperaturas. Métodos de diseño a prueba de temblores. Análisis estructural de los recipientes de proceso químico o de receptáculos esféricos de gas, etcétera.

Aplicación de las computadoras en la Ingeniería Química para permitir la automatización de los procesos químicos, donde esto es lo que se conoce comúnmente por "control de procesos". Por ejemplo, la programación de la terminación de una reacción.

Integración en un solo programa de los modelos matemáticos que componen un proceso.

Simulación de sistemas, procesos o situaciones, cuya duplicación en el mundo real sería muy costosa o demasiado riesgosa. Las situaciones simuladas por computador constituyen un medio seguro de enseñar tareas críticas.

Aplicación de las computadoras dentro de los procesos administrativos o burocráticos. Se utilizan para tener un mayor control del personal de trabajo.

Algunas empresas adoptan el entroncamiento de personal con la

ayuda de computadores, como un medio de capacitación continuo para mejorar la producción. Un sistema computarizado provee un entrenamiento normalizado, documentado y al día, en operaciones, mantenimiento y administración.

La ayuda de los computadores constituye un gran ahorro de tiempo, por tanto de dinero, al reducir los costos.

La información más al día puede pasarse fácilmente a los empleados por medio de un sistema por computador, ayudando así a la compañía a mantenerse a la vanguardia de los avances de la tecnología. Los materiales de entrenamiento pueden modificarse fácilmente para reflejar los cambios que hubieren ocurrido en Ingeniería o procedimientos.

Del análisis industrial sobre la aplicación de los computadores, sólo se han mencionado algunos aspectos, porque no se tendría espacio suficiente para mencionar la gran extensión que comprende el campo de la computación en la industria química y dentro de la Ingeniería de reactores.

Hasta aquí se ha analizado, a nivel industrial, lo que significa la automatización computarizada y dentro del campo puramente académico, se ha analizado también el impacto de los computadores en la resolución de problemas de muy complicado planteamiento. Así, lo único que queda por mencionar dentro de este tema, es lo invaluable que resulta el auxilio de la computación dentro de la Ingeniería Química y particularmente, para la Ingeniería de reactores, resulta imprescindible e imperativa.

## AREA DE CIENCIAS MATEMATICAS.

La Ingeniería de Reactores se apoya en todas las ramas de las Matemáticas, para desarrollar y exponer sus bases teóricas.

Se apoya en los principios y conceptos matemáticos, herramienta imprescindible de su aplicación, progreso y perfeccionamiento.

La solución de muchos problemas diarios que se presentan en el ejercicio de la profesión, sólo se puede obtener aplicando las matemáticas abstractas o las funcionales requeridas. Así el campo de las Matemáticas nos provee de ramas poderosas para su uso en Ingeniería Química: Álgebra, Cálculo Diferencial e Integral, Estadística y Ecuaciones Diferenciales, cuya asimilación de conocimientos resulta insustituible, ya que forman la estructura básica y la herramienta indispensable para formalizar la solución de un problema propuesto, en cuanto al procedimiento y fórmulas a emplear.

El empleo de las Matemáticas puras en problemas prácticos como los de Ingeniería de Reactores, implica el traslado de los conceptos matemáticos hacia los químicos, exhibiendo sus técnicas e inmediatas aplicaciones a fenómenos experimentales que posteriormente se proyectan a escala comercial.

La primera contribución de las Matemáticas a la Ingeniería de Reactores, y en general a toda la Ingeniería Química, es el simbolismo, necesario para la representación e interpretación de los fenómenos físicos y químicos, facilitando el manejo de los mismos. La habilidad para enunciar un problema en lenguaje matemático resulta invaluable. Así una de las aplicaciones más primordiales de este simbolismo, es la fórmula.

La fórmula simplemente es el enunciado de una ley, escrita abreviadamente, utilizando símbolos. Este es uno de los usos más importantes del simbolismo, ya que de esta manera la fórmula se puede reproducir para usarla universalmente.

No es necesario repetir el procedimiento de obtención de la fórmula cuando se ha comprobado que es correcta. Una vez demostrado ésto, se puede aplicar la fórmula a la resolución de cualquier problema.

Los ingenieros químicos tienen que hacer un gran número de cálculos cada día. Muchos problemas que de otra manera serían muy difíciles o de resolución imposible, son de fácil resolución utilizando sistemas de ecuaciones. Otro claro ejemplo que destaca la relevancia del beneficio de las Matemáticas, lo constituye el siguiente caso: para establecer la velocidad intrínseca de la reacción requerida para efectuar el diseño de un reactor químico, es necesario realizar un estudio experimental sobre la cinética de la misma. Esto sería imposible sin el auxilio de los métodos matemáticos en el laboratorio, como son: la preparación de gráficas, método de mínimos cuadrados, la aplicación de los métodos de probabilidad, la determinación de errores experimentales, propagación de los mismos, etcétera.

Así mismo, resulta indiscutible la aplicación de las Matemáticas superiores en el diseño de reactores, por ejemplo, para el estudio y resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias que describen el comportamiento del reactor o también al proporcionar los modelos matemáticos para llevar a cabo simulaciones, el análisis numérico de los resultados experimentales obtenidos a partir de estudios cinéticos, etcétera.

Y a nivel industrial, la Ingeniería de Reactores tiene uno de sus pilares en las Matemáticas Aplicadas, a través de la Computación, programación, el análisis matemático, los métodos numéricos, etc., aspectos fundamentales para el manejo de la Ingeniería Química. Estos contribuyen dando origen a nuevas técnicas y perfeccionando las ya existentes a fin de lograr una evolución más dinámica de la Ingeniería de Reactores.

## AREA DE QUIMICA ORGANICA.

La Química Orgánica en favor de la Ingeniería de Reactores proporciona la comprensión de los cambios básicos que ocurren durante las reacciones orgánicas, mediante la aportación de leyes que rigen esas transformaciones químicas. Además, suministra la determinación de la estructura de las moléculas químicas de las sustancias orgánicas, así como la determinación de la fórmula empírica o mínima y del peso molecular. Precisa la clasificación de las reacciones de acuerdo a su mecanismo, estereoquímica y la correlación de la estructura electrónica con las propiedades físicas y químicas.

Los estudios sobre los mecanismos de reacciones, que realiza la Química Orgánica, han dado un marco lógico que no solo permite encontrar sentido a cualquier reacción dada sino que también sugiere las similitudes fundamentales entre reacciones aparentemente no relacionadas. Esto reviste particular importancia en la Ingeniería de Reactores para el establecimiento de una ecuación de velocidad.

Diversas industrias y principalmente entre ellas, la industria petroquímica, se basan en el empleo de sustancias orgánicas para sus procesos de producción, en los cuales encuentra su aplicación la Ingeniería de Reactores; de aquí se desprende la importancia de las aportaciones industriales que ofrece la Química Orgánica tal como son: proporcionar la metodología y las técnicas de separación y purificación de sustancias orgánicas obtenidas como productos, el desarrollo de conocimientos que permiten predecir el curso de las reacciones, la determinación de las constantes físicas, la composición de las sustancias orgánicas (análisis



sis cualitativo orgánico) y la determinación cuantitativa por separado de los elementos que constituyen las sustancias orgánicas. Así como también la predicción de propiedades de sustancias todavía no obtenidas, y el pronóstico de su aplicación práctica.

La creación de nuevas ramas de la industria, como la industria de la síntesis orgánica, para el desarrollo de sustancias de obtención artificial y la creación de nuevos compuestos para la utilización práctica en las más diversas ramas industriales, sería imposible sin la aplicación del acervo de conocimientos conferidos a través de la Química Orgánica.

Por último, no hay que olvidar que el desarrollo teórico de la Química Orgánica está estrechamente relacionado con la demanda práctica, la cual está determinada por la Ingeniería de Reactores.

## AREA DE INGENIERIA ELECTRICA.

La interrelación que se establece entre la Ingeniería Eléctrica y la Ingeniería de Reactores constituye una parte importante de las relaciones interdisciplinarias, ya que desde el punto de vista académico, la Ingeniería Eléctrica es una parte complementaria de la integración de conocimientos requerida a nivel profesional. La Ingeniería Eléctrica aporta las leyes teóricas para el entendimiento de los fenómenos electromagnéticos, la metodología de cálculo para la obtención de los parámetros eléctricos, así como también los procedimientos a seguir para la adecuada instalación de cualquier tipo de circuito eléctrico requerido.

A nivel industrial, un proceso químico en donde interviene la operación de un reactor, es factible de un grado de automatización mediante el empleo de instrumentos automáticos o sistemas computarizados, cuya característica básica es la dependencia de un suministro de energía eléctrica para su funcionamiento, el cual a su vez, depende del tipo de instalación eléctrica y cableado industrial disponible. Por tanto, la colaboración de la Ingeniería Eléctrica consiste en hacer el diseño eléctrico completo necesario para el proceso, de acuerdo con las especificaciones particulares y con los diferentes códigos aplicables para instalaciones eléctricas. Específicamente este trabajo se lleva a cabo, a) realizando los diagramas de los circuitos para el proceso. Además estos diagramas se utilizan para mostrar la distribución y el detalle de todos los conductos eléctricos y equipo accesorio. b) Mediante la elaboración de todos los planos eléctricos para subestaciones, arreglos de dispositivos de distribución, etcétera. c) La elaboración de una lista completa de todos los materiales eléctricos, cables, conductos, etcétera. d) Planos de las conexiones e-

léctricas del equipo requerido en el proceso, así como especificaciones del estiramiento adecuado, longitud y tamaño del conducto; longitud y tamaño del cable. e) Elaboración de tabulaciones que muestren la secuencia apropiada para la instalación de aparatos de control de potencia. f) Preparación de todas las especificaciones del equipo eléctrico y g) La especificación de motores.

## AREA DE INGENIERIA ECONOMICA.

El factor determinante de la viabilidad de un proyecto, tal como lo es el diseño de un reactor químico, está constituido fundamentalmente por el importantísimo aspecto económico. En consecuencia, aunado al diseño de proceso o diseño químico del reactor se debe considerar el diseño óptimo, el cual es el resultado de la aplicación de la Ingeniería Económica. Este diseño para que sea redituable se basa en un análisis de costos que considera materiales de construcción, corrosión, requerimientos de agua, energía y mantenimiento. También se considera dentro de este análisis, la instrumentación y los procedimientos de control para una óptima operación.

El diseño óptimo además toma en consideración las materias primas, los costos iniciales y de operación, las relaciones precio-volumen de los reactantes y de los productos, así como las estimaciones de las condiciones de mercado.

No se debe olvidar que el diseño óptimo del reactor es solamente una pequeña parte dentro del aspecto económico del proceso global de una planta química. Por lo tanto, se ve influenciado por la economía de todo el sistema restante. Esta relación es proporcionada por la Ingeniería Económica a través de la evaluación económica del proceso total, al considerar: 1) la estimación de costos, cuya penetración es en cada fase del desarrollo, diseño, construcción y operación de la planta. 2) el desarrollo de los diferentes tipos de estimaciones de costos con grados variables de precisión, basados en informaciones de diseño razonablemente firmes y en los costos más recientes de equipo disponible. 3) Los requerimientos de capital: capital fijo nuevo, capital de trabajo,

resumen de ganancias, rédito sobre la inversión. 4) Los procedimientos para estimar costos de fabricación, rédito anual, venta y administración, impuestos y utilidades. 5) la evaluación económica de planes para aumentar la producción, obtener costos más bajos de producción. 6) Las estimaciones de costos o evaluaciones económicas de proyectos nuevos. 7) Las estimaciones para que los contratistas puedan establecer cotizaciones o las compañías de operación sus estimaciones de asignación, las cuales son presentadas a la gerencia antes de la asignación definitiva de fondos para un proyecto.

La Ingeniería Económica es además, un gran apoyo al ofrecer diversas alternativas económicas para cada una de las operaciones realizadas, así, se considera a la evaluación económica como una guía indispensable para la toma de decisiones en un proceso.

## AREA DE INGENIERIA MECANICA Y DISEÑO DE EQUIPO.

En forma industrial, la Ingeniería Mecánica y el Diseño de E quipo suministran el diseño mecánico para ayudar a que la aplicación del diseño químico de un reactor, sea una realidad. Este diseño mecánico tiene dos aspectos, uno a cargo de la Ingeniería Mecánica y otro cubierto por el Diseño de Equipo. Aunque esta delimitación no es tajante, puesto que ambos son soporte uno del otro, cada aspecto comprende una modalidad diferente.

La INGENIERIA MECANICA provee el diseño estructural que abarca la preparación de los bosquejos de diseño y cálculos correspondientes a las cimentaciones, estructuras de acero y/o concreto reforzado que sirven de soporte a los equipos, dimensiones de barandales, límites de los enrejados en el piso, escaleras, elevadores y plataformas, el diseño y la selección de soportes de tuberías, conexiones y otros, etcétera.

También, la Ingeniería Mecánica aporta los planos o dibujos de todas las cargas que actúan, incluyendo cargas axiales y localización tentativa de la posición de anclas y soportes. Además proporciona: el análisis y cálculo de esfuerzos en tuberías. Especificaciones de las juntas mecánicas de expansión. El diseño de todos los edificios de tipo industrial. El diseño de calefacción, ventilación y plomería. La especificación de todos los materiales. Las especificaciones mecánicas del equipo de un proceso. La ingeniería del equipo especializado. El diseño e instalación de instrumentos.

El DISEÑO DE EQUIPO suministra como su nombre lo indica, el diseño y fabricación de recipientes y por lo tanto de reactores, de diferente tipo, tamaño y forma de acuerdo a los códigos establecidos para ello.

En este diseño se estiman las dimensiones fundamentales, tales como, selección y cálculo de longitud y diámetro que satisfagan el volumen del reactor, el espesor de la cubierta y diseño de sus cabezales, la determinación del tamaño y tipo de conexiones, las entradas o salidas, accesorios internos y externos necesarios en el recipiente o reactor y condiciones de operación para el diseño. El diseño de partes interiores incluye partes tales como dispositivos para mezclar, sus soportes y localización de los mis mos.

El Diseño de Equipo facilita además a) los planos o dibujos de los detalles del aislamiento necesario en el recipiente o reactor. b) La selección y determinación de los ma teriales (tipo y es pesor) para la construcción del recipiente, resistentes a la corrosión y para soportar la temperatura y presión de diseño. c) El diseño de los detalles mecánicos del recipiente, en base a cualquiera de los códigos que haya seleccionado el departamento de In geniería de la industria que lo construye. d) La relevación y cál culo de esfuerzos por temperatura. e) La especificación del tipo de fabricación a emplear. f) Los dibujos o croquis preliminares mostrando detalles principales, que posteriormente se utilizan para el diseño final y completo del recipiente o reactor. g) Los di bujos de taller para la fabricación de los recipientes. Todos estos planos son útiles para entregar información a los fabricantes o para obtener las correspondientes cotizaciones.

Desde el punto de vista educativo, la importancia de ambas disciplinas académicas radica en que proporcionan las bases teóricas y sistemas de ataque y resolución de problemas específicos, cuya aplicación es encontrada en la industria.

## AREA DE FISICA.

La Cinemática, Dinámica, Elasticidad, Acústica, Vibraciones y Ondas, Electricidad y Magnetismo, Interferencia y Polarización, Ionización, Foeleetricidad, etc., constituyen importantes ramas que la Física aporta como conocimientos complementarios dentro de la formación profesional.

Académicamente, por medio de la Física se alcanza una mayor profundización en las nociones teóricas. El descubrimiento y la aplicación de los hechos y leyes físicas tienen importante confirmación y aplicación a los fenómenos químicos. Así, la Física profundiza en los conceptos --de tanta aplicación en la Ingeniería de Reactores-- como son la temperatura y el calor, los cambios de estado, la influencia de la presión en los mismos y la Termodinámica. También aporta, los importantes principios y estudios acerca del trabajo y la energía, sin los cuales sería imposible el desarrollo de alternativas y su utilización en diversas ramas de la industria.

A nivel industrial, el considerable acopio de datos físicos, ha permitido el establecimiento de reglas empíricas que han desempeñado y desempeñan un importante papel en la determinación de las constituciones químicas. Las constantes físicas que traducen las propiedades a escala macroscópica, se convierten en datos que caracterizan a las moléculas. Por lo tanto la aplicación de las teorías físicas de la materia al estudio de las estructuras químicas, de las posibilidades de transformación y del mecanismo de las reacciones, constituye la gran aportación de la Física a la Ingeniería de Reactores.

Todos los métodos de estudio de la Física, han entrado hoy en



día de lleno en los laboratorios industriales. Así, dentro de los métodos físicos que contribuyen a la identificación de la estructura, figuran los siguientes: Espectroscopía infrarroja, Vibraciones moleculares, Espectroscopía X-RNM, Interpretación del espectro RNM, Espectros moleculares, Espectros Raman, etc. También las propiedades ópticas han aportado provechosos frutos dando origen a la aplicación de los métodos ópticos basados en los fenómenos de refracción, dispersión y difracción.

Varias técnicas experimentales basadas en principios fundamentales de la Física, son aplicadas en la medición de la velocidad de reacción, imprescindible dato para efectuar el diseño de un reactor. Estas técnicas permiten seguir con el tiempo tanto la concentración de los reactivos como la de los productos. Como ejemplos de estas técnicas se consideran:

a) La medida del calor liberado en una reacción exotérmica.

La técnica del análisis térmico diferencial, implica el registro de las diferencias de temperatura entre calorímetros que contienen solución reaccionante y disolvente puro respectivamente, mientras que ambos se calientan a la misma velocidad. Esta diferencia de temperatura depende de la velocidad con que se libera calor en la reacción, que a su vez está relacionada con el calor y velocidad de reacción. De esta forma, de un único experimento es posible obtener: 1) la velocidad de reacción a diferentes temperaturas, 2) la energía de activación a partir de 1), 3) el calor de reacción y 4) la energía de activación de la reacción inversa a partir de 2) y 3). La descomposición en solución acuosa del cloruro de bencendiazonio se ha investigado de este modo.

b) Método de la medida de la variación de presión de un sis-

tema en fase gaseosa. Este método requiere que la reacción conduzca a una variación del número total de moléculas presentes, como en la pirólisis del pentóxido de nitrógeno ( $N_2 O_5$ )

La presión final de este sistema debería ser teóricamente 2 veces y media la presión inicial, pero en realidad es menor debido a la reacción reversible secundaria  $2 NO_2 \rightleftharpoons N_2 O_4$  que debe ser tomada en cuenta. Este método es conveniente para seguir la pirólisis de los compuestos orgánicos en fase gaseosa.

c) Métodos que miden la variación de una propiedad física como índice de refracción, viscosidad, intensidad de color, conductividad térmica, etcétera.

## AREA DE INGENIERIA DE PROCESOS.

El diseño y operación de un reactor químico, guarda una interrelación con las demás operaciones y equipos de una planta industrial. Para que esa interrelación satisfaga los requerimientos del proceso y se logre la productividad, la Ingeniería de procesos coordina el desarrollo, la evaluación y el diseño global de los procesos químicos.

Al coordinar el desarrollo del proceso químico, proporciona estudios en escala laboratorio para determinar la factibilidad del mismo, así como la evaluación de factores en forma empírica en la operación de una planta piloto y posteriormente emplea esos datos obtenidos para su proyección a escala comercial.

La Ingeniería de Procesos suministra la evaluación de los procesos químicos con base en un análisis tanto ingenieril como económico. Evalúa el proyecto y su relación con el trabajo experimental. Aporta las estimaciones para la evaluación económica como es la estimación de costos del diseño preliminar. Ofrece alternativas para la operación de ciertas partes de la planta (considerando las disposiciones de los cambiadores de calor, presión o temperatura de los reactores, etc.), así como adiciones o mejoras al diseño original del proceso o la planta y diseños de instalaciones nuevas.

El procedimiento del diseño del proceso con el que contribuye la Ingeniería de Procesos, considera tres aspectos, el primero incluye la información acerca de las materias primas y sus características; la cantidad y calidad de los productos deseados; y los servicios, sus temperaturas y presiones. Además de otros factores como la posible aplicación de los subproductos, los facto-

res de seguridad y el establecimiento de la fecha de término para el diseño del proceso.

El segundo aspecto constituye la ejecución del diagrama de flujo que indique todas las operaciones necesarias para producir el producto en la cantidad y calidad requeridas y los balances de materia y energía de cada unidad.

Finalmente, en el último aspecto, se consideran los procedimientos del diseño real del equipo que se va a construir bajo pedido y especificación de las condiciones de operación; la descripción completa de la operación de la planta, de la requerida por cada equipo y especificaciones del proceso; y el diseño y construcción de servicios.

Así, la Ingeniería de Procesos coadyuva realizando el análisis integral de los procesos, necesario para su diseño, adaptación y operación adecuada. Este análisis es logrado mediante la aplicación de modernas técnicas de síntesis, simulación, optimización y control de procesos, tomando en cuenta el marco económico que rodea al sistema.

La creación o adaptación de los sistemas de proceso más convenientes para cubrir las necesidades técnicas y económicas nacionales, se transforma en realidad por medio de la Ingeniería de Procesos. Así mismo los desarrollos tecnológicos de la Ingeniería de Reactores se apoyan aplicando la Ingeniería de Procesos para lograr su integración al proceso completo.

## AREA DE ANALISIS QUIMICO.

El control de calidad por medio del análisis cualitativo y cuantitativo de la materia prima y producto obtenido, implica un mejor control del proceso que se realiza en un reactor químico, a fin de lograr una mayor producción y mejores utilidades. Dentro de este aspecto, se encuentra el apoyo que brinda la disciplina académica de Análisis a la Ingeniería de Reactores al poner a su disposición los diversos métodos analíticos existentes para un óptimo control de calidad. Estos métodos ampliamente aplicados en la actualidad, pueden ser gravimétricos, volumétricos o instrumentales. Los métodos instrumentales también se conocen como métodos especiales, y pueden ser potenciométricos, conductimétricos, amperométricos, coulombimétricos, métodos ópticos y análisis de gases.

La Cinética Química, parte decisiva del diseño de un reactor químico, se basa en los diversos métodos analíticos para obtener determinaciones, resultados y conclusiones experimentales, que posteriormente combinará con un modelo del reactor a escala comercial para predecir su funcionamiento. Entre los principales métodos aplicados industrialmente, que permiten seguir con el tiempo tanto la concentración de los reactantes como la de los productos, figuran:

Los análisis volumétricos o gravimétricos de muestras extraídas de la solución reaccionante a ciertos intervalos de tiempo, donde las muestras pueden ser valoradas con una disolución conocida para determinar la concentración de producto obtenida.

Los métodos que miden la variación de alguna propiedad física: a) Índice de refracción, b) Volúmen específico, c) Intensidad de color de un reactante o producto, d) Rotación específica

del plano de luz polarizada, si los compuestos son ópticamente activos, e) La conductancia específica, f) Viscosidad, g) Conductividad térmica, h) Espectrofotometría, i) Espectrofluorimetría y j) Potenciometría.

Desde el punto de vista académico, el área de Análisis está integrada por cinco cursos progresivos. Cada curso se encuentra conformado por un aspecto teórico y su correspondiente aplicación práctica (laboratorio).

La Asignatura de Análisis I comprende un enfoque hacia los métodos de análisis cualitativo.

La rama del análisis cuantitativo que considera los métodos gravimétricos, es estudiada en el curso de Análisis II.

Análisis III, es la disciplina que aborda los métodos volumétricos de análisis cuantitativo.

Los métodos instrumentales de análisis quedan conformados en los dos últimos cursos: Análisis IV y Análisis V. La asignatura de Análisis IV presenta los métodos instrumentales de colorimetría y su aplicación. Análisis V muestra los métodos instrumentales de potenciometría, conductimetría, coulombimetría y análisis de gases.

## AREA DE FISICOQUIMICA.

La Fisicoquímica aporta criterios auxiliares para el diseño y análisis de procesos. El conocimiento de las propiedades termodinámicas de las corrientes de proceso es esencial para el buen diseño y operación de las instalaciones industriales. Por tanto, la Fisicoquímica, tanto en forma académica como industrial, auxilia a la Ingeniería de Reactores al recabar todos los datos necesarios para la definición de las propiedades de las sustancias reaccionantes y productos formados (gases, líquidos, sólidos, soluciones o dispersiones coloidales). Sistematiza estos datos en leyes confiriéndoles un fundamento teórico.

La Fisicoquímica ayuda a establecer aspectos tan importantes para la Ingeniería de Reactores como son las relaciones de energía en las transformaciones físicas y químicas, y trata de predecir en que magnitud y con que velocidad se están produciendo, determinando así los factores reguladores. En este sentido toma en cuenta no sólo las variables comunes, como la temperatura, presión y composición, sino también efectos de las interacciones con la luz y la electricidad.

Todos los datos, teorías e ideas acumulados son correlacionados por la Fisicoquímica, en virtud de dos aspectos generales: el termodinámico y el cinético.

El primero, coadyuvando a la Ingeniería de Reactores, proporciona las leyes fundamentales de la Termodinámica para obtener conclusiones basadas en las relaciones energéticas que ligán las etapas iniciales y finales de un proceso. Así la Termodinámica, eludiendo las etapas intermedias, permite obtener muchas deducciones válidas sin que sea necesario el conocimiento de los deta-

lles íntimos de los procesos, ya que su objetivo, es precisar la inestabilidad relativa del estado inicial y del estado final previstos por el sistema. Así mismo, la Termodinámica permite determinar si éste puede evolucionar, prevee el límite de dicha evolución y decide por consiguiente si se justifica invertir esfuerzos para realizarlo.

La Termodinámica Química permite determinar la posibilidad de una reacción, en qué condiciones experimentales conviene realizarla, y estando fijadas, el grado máximo de conversión que se podrá operar. Por otra parte da la cantidad de calor y eventualmente la de trabajo mecánico que el sistema suministrará o la que deberá absorber.

Cuando la transformación implica una cascada de reacciones consecutivas, la Termodinámica no indica en que etapa se detendrá, ni en que proporción seguirá una ruta determinada, cuando se presentan muchas. No permite, pues, preveer la importancia relativa que adquieren las reacciones secundarias consecutivas o concurrentes con respecto a la reacción principal.

En consecuencia, este primer enfoque termodinámico de un problema es válido para decir que puede suceder, pero por su naturaleza es incapaz de dar información de cómo y con cuánta rapidez se producirá un cambio. Esto es proporcionado por el enfoque cinético, que exige para su ejecución una descripción íntima y detallada de los procesos, y a partir del mecanismo postulado, hace factible deducir la ley del proceso total y de sus diferentes etapas.

Por tanto, es la Cinética la que proporciona los informes verdaderamente positivos acerca de la reacción, es decir, aqué-



llos que permiten concluir acerca de la posibilidad de llevarla a cabo con rendimientos ponderables y tiempos aceptables. En efecto, todos los laboratorios modernos que se proponen concebir y desarrollar las reacciones de interés industrial, consagran una parte creciente de su actividad a los estudios cinéticos.

La Cinética Química es inseparable de la investigación de los medios adecuados para activar y dirigir la transformación, también del trabajo destinado a delucidar los mecanismos químicos; facetas tan esenciales para el desarrollo de la Ingeniería de Reacciones o Ingeniería de Reactores.

En la técnica, se encuentra la aplicación de la cinética para la concepción y cálculo del reactor químico, que tiene por objeto realizar la transformación en las mejores condiciones posibles. La operación del reactor está en función de las leyes de todos los procesos físicos y químicos de los cuales él es el centro, y es claro que en este campo la ley de la velocidad de la reacción representa, generalmente, el papel esencial.

Sin volver a la utilidad directa que representa el conocimiento de la velocidad de reacción para el cálculo del reactor, la Cinética ofrece la posibilidad de comunicar a los estudios académicos y aplicados, el carácter fundamental y general que es la condición primordial para la efectividad y continuidad en el trabajo.

## AREA DE INGENIERIA QUIMICA.

La Ingeniería Química se caracteriza por la versatilidad de sus profesionales en el ejercicio. Esto se traduce en una mayor integración de los mismos en las diversas ramas de la industria química. El ingeniero químico aprovechando la experiencia adquirida y la información disponible realiza eficientemente las múltiples actividades de esta industria, perfeccionando técnicas y operaciones requeridas o reforzando algunos sistemas e iniciando otros. Pero, esta capacidad profesional se logra únicamente a través de una preparación adecuadamente estructurada. Por ello, el área de Ingeniería Química a través de la serie de asignaturas que la conforman, y que constituyen la espina dorsal de la carrera, proporciona el acervo de conocimientos que cubren aquellos aspectos comunes a varias industrias.

En cada asignatura se contempla un aspecto diferente pero que se interrelaciona con los demás, a fin de constituir la cimentación sobre la que se estructura la programación y aprendizaje de la Ingeniería de Reactores. Así, los fundamentos de aquellos equipos relacionados dentro del proceso con el reactor químico, se establecen en cada una de las Ingenierías Químicas.

En efecto, la contribución de los balances de materia y energía en la formulación de modelos para los diferentes procesos y operaciones unitarias, la termodinámica y termoquímica, así como la metodología de planteamiento y resolución de problemas, se integran en las dos primeras Ingenierías Químicas ( I y II).

La gran relevancia del transporte y transferencia de momento, dado que en todas las situaciones industriales se necesita transportar un fluido de un lugar a otro, se precisa en la Inge-

nería III. Aquí son presentados los principios y mecanismos del fenómeno de flujo de fluidos aplicados a la industria de proceso.

Se muestran los principios físicos y la metodología de cálculo y evaluación de este fenómeno a través de la resolución de problemas prácticos industriales de conducción, compresión y medición de gastos de flujos de fluidos a media y alta velocidad.

El tema de transferencia de calor es ampliamente tratado en la materia académica de Ingeniería Química IV y el Laboratorio de Momentum y Calor. Los cuales integran los principios y mecanismos del fenómeno de transporte y transferencia de calor y energía abarcando la conducción, convección natural y forzada, nociones sobre radiación y la evaporación. Se aplican estos conocimientos al estudio de los equipos donde se transfiere calor en la industria de proceso, manejando los principios físicos y los métodos de cálculo y evaluación de tales fenómenos. Estos conocimientos posteriormente son aplicados para el establecimiento de los balances de energía en los reactores químicos.

El tema de transferencia de masa queda comprendido dentro de dos cursos teóricos denominados Ingeniería Química V y VI, y uno práctico, que recibe el nombre de Laboratorio de Transferencia de Masa.

El análisis integral de la transferencia de masa, comprendiendo la habilidad para el cálculo de parámetros tales como difusividad, coeficientes de transferencia y eficiencia de etapa, manejo de datos de equilibrio de sistemas binarios y multicomponentes, el estudio de la difusión y absorción y finalmente, el dimensionamiento óptimo de columnas empacadas y de platos, conforman los principales temas considerados por la Ingeniería Química V.

La profundidad de estos estudios sobre el tema de difusión constituye la base para la Ingeniería Química VIII ( Ingeniería de Reactores heterogéneos).

La Ingeniería Química VI tiene como propósito el estudio de las operaciones unitarias en las cuales hay transferencia simultánea de calor y masa. La primera operación estudiada es la humidificación, posteriormente el enfriamiento de aire-agua, el secado y por último la destilación. Esto reviste especial importancia, ya que el diámetro y la altura de la torre de destilación se fijan dentro de ciertos límites, de acuerdo a cálculos del sistema de destilación, y de acuerdo con estos cálculos se determina el volumen de los reactores, tambores de acumulación y tanques.

Finalmente, las Ingenierías Químicas VII y VIII ( Ingeniería de Reactores homogéneos y heterogéneos respectivamente) conforman dos cursos sucesivos, donde el primero es preparación para el segundo. Comprenden el dimensionado de los reactores químicos, trabajo especializado que requiere la determinación del tamaño, estilo y forma de un reactor químico, ya sea homogéneo u heterogéneo.

En consecuencia, la gran complejidad de los fenómenos tratados en las Ingenierías VII y VIII hacen que estas asignaturas sean la conjugación de un gran cúmulo de conocimientos precedentes, que proporcionan una perspectiva teórica, las bases y experiencia necesaria para la cabal comprensión de los temas y equipos involucrados. Así se puede considerar que las Ingenierías Químicas I a VI incluyendo los laboratorios de Momentum y calor, y de Transferencia de Masa, constituyen el fundamento básico para la posterior asimilación y desarrollo de las disciplinas Ingeniería Química VII y VIII.

Todo el esquema anterior, pone de manifiesto la relevancia de la colaboración y apoyo de cada una de las diversas áreas académicas a la Ingeniería de Reactores Homogéneos, estableciéndose así los nexos correspondientes. A continuación se estableció la importancia de la misma dentro de las relaciones interdisciplinarias.

La Ingeniería de Reactores Homogéneos es el programa resultante de la equilibrada convergencia de tres factores fundamentales: la tecnología moderna, como fin principal por alcanzar, la industria como marco de acción y la educación, como canal que permite llevar a cabo la preparación del profesional próximo a graduarse.

Una de las funciones trascendentes de la Ingeniería de Reactores Homogéneos dentro de la tecnología moderna, es acentuar la proliferación de ideas, para que se traduzcan a información y más tarde incidan estableciendo nuevas tecnologías. Pero, esa innovación tecnológica, sólo es posible cuando se ha cumplido un requisito fundamental previo: haber captado y asimilado la información específica proporcionada por cada área académica, así como la resultante de sus interacciones con otros campos. Así la Ingeniería de Reactores tiene por objeto aprovechar las técnicas más avanzadas de las diferentes áreas académicas, para modelar el perfil académico-profesional, a fin de que los futuros egresados puedan cumplir cabalmente con su aspiración individual y su trabajo.

En la industria como marco de acción, la petrolera es sin duda una de las más importantes dentro del marco internacional, y dado el carácter fundamental y estratégico que ha adquirido la posición y disponibilidad de los hidrocarburos en el mundo, ello

obliga a la Ingeniería de Reactores a tratar de mantenerse en altos niveles de actualización y desarrollo . Aunque es evidente, conviene destacar que ello está íntimamente vinculado con la economía, y un proceso es tanto más eficiente en cuanto cumpla sus fines con el menor costo, sin menoscabo de la seguridad y efectividad.

La Ingeniería de Reactores con base en la educación, como un canal informativo y de comunicación, proporciona un acervo de conocimientos que intentan cubrir un amplio espectro de posibilidades para cada profesional, con el objeto de que pueda incorporarse a cualquier trabajo de su área. Y de modo que esos conocimientos y habilidades específicas adquiridas pueda desarrollarlas durante su ejercicio profesional.

En los métodos educativos empleados por la Ingeniería de Reactores se han incluido siempre técnicas que propician la creatividad del estudiante, las cuales consisten en producir novedades, es decir, a partir de un acervo de conocimientos, generar innovaciones.

Así mismo, en la Ingeniería de Reactores se contemplan los avances tecnológicos relacionados con su actividad y que hace llegar a los futuros profesionistas por medio de textos, programas de computadora y otros sistemas directos de información selectiva y especializada.

En consecuencia, haciendo los mejores esfuerzos, la Ingeniería de Reactores Homogéneos logra acercar el sistema académico con el sistema productivo.

En lo concerniente al aspecto del sistema productivo, los departamentos de desarrollo y los laboratorios de tecnología indus-

trial, han comprobado que es imposible enfrentarse a una competencia cada vez más encarnizada, despreciando el factor de seguridad y de rapidez en la obtención del resultado, que proporciona la cinética química por el cálculo y la extrapolación al reactor, y como consecuencia traducido a la unidad total de fabricación.

Los reactores se diseñan con la aplicación de la cinética química a partir de datos experimentales que permiten la determinación de ecuaciones de velocidad, después de lo cual se evalúan constantes empíricas para las ecuaciones. Si se establece la influencia de la temperatura en estas constantes, es posible calcular el tamaño del reactor para diversas condiciones supuestas de operación. Esta técnica permite un completo análisis económico del diseño del reactor, sin una experimentación excesiva. No obstante, en muchos casos las reacciones son tan complejas que el análisis racional por los principios de la cinética aplicada es sumamente difícil. En este caso se usa el procedimiento empírico de planta piloto, en el cual las condiciones óptimas de operación se determinan mediante un programa planeado de experimentación que requiere cientos de corridas y por consiguiente, un gasto considerable. La aplicación de la cinética y de la teoría de transferencia de masa en el trabajo de la planta piloto debe ser intentada siempre que sea posible, puesto que contribuye grandemente en la limitación de la cantidad de investigación a nivel laboratorio requerida.

Una parte grande del diseño de Ingeniería es de naturaleza empírica, rara vez es posible saltar del vaso de precipitados a la planta terminada.

Finalmente con este marco de referencia establecido por la estructuración de las relaciones interdisciplinarias -en base al contenido académico de cada materia del programa profesional de Ingeniería Química- el futuro profesionista adquiere la capacidad para comparar y evaluar los conocimientos recibidos e interrelacionarlos con los que actualmente son requeridos en el sector industrial.

Así mismo, ambos aspectos, tanto el académico como el industrial, complementarios, no pueden ser considerados en forma independientes. Las razones son obvias, el académico proporcionando los aspectos típicos comunes a diversas industrias, encuentra su aplicación real en el aspecto industrial. Además éste último proporciona los inapreciables conocimientos y experiencias acumulados en la especialidad adquirida dentro de la industria.

Por otra parte, la vinculación entre todas las áreas específicas fortalece las relaciones interdisciplinarias reforzando la educación y formación profesional, a fin de satisfacer los servicios que demandan los diferentes sectores de la vida nacional.



CAPITULO No. 4 .

Parte I. Libros Existentes .

Parte II. Selección del libro de texto.

Parte III. Programa Propuesto.

## CAPITULO No. 4 .

### Parte I. Libros Existentes.

México, como un país en vías de desarrollo, se ve en la necesidad de importar tecnología de naciones extranjeras, principalmente de Estados Unidos. Esta dependencia tecnológica crea condiciones poco favorables, ya que se traduce a su vez en una dependencia tanto informativa como educativa.

Las naciones altamente desarrolladas crean ciertas políticas hacia los países en vías de desarrollo, para mantener la dependencia en esa materia, lo que trae como consecuencia el que exista una limitación en el flujo de información. Así, la disponibilidad de aquellos libros que cubren ciertas especialidades se ve reducida por la política imperante. Además de que, la carencia a nivel nacional de información relativa a esas especialidades, obliga a la importación de libros, que trae consigo las dificultades intrínsecas de la misma, incluyendo la desventaja en el cambio monetario. En consecuencia, tal situación se refleja en la cantidad y calidad de la literatura existente en nuestro país sobre determinada área de estudio, como es la Ingeniería de Reactores Químicos.

Aún en las propias naciones con un alto nivel de progreso, la velocidad con la que son desarrollados los adelantos en los campos científico y tecnológico o industrial, supera a la rapidez de aparición de modernas obras que comprendan una presentación y análisis de los nuevos conceptos, teorías y sus correspondientes aplicaciones. Por tanto, a pesar del gran y continuo desarrollo industrial alcanzado, y en consecuencia del amplio uso de los reactores químicos en diversos procesos de enorme importancia co-

mercial; la literatura disponible sobre Ingeniería de Reactores Homogéneos no es tan extensa como podría esperarse, además de considerar que el mayor énfasis es dado a los reactores heterogéneos por la importancia industrial que representan los procesos catalíticos.

La mayor parte de los libros existentes en la literatura que abordan la materia de diseño de reactores, han sido publicados de 1976 a la fecha, y aunque ha pasado casi una década, la aparición de nuevos textos es reducida. Una razón o explicación para tal situción puede ser, que la mayor parte del diseño hecho en la industria está basado en un arte empírico y se encuentra protegido a través de registros, patentes o es clasificado como información confidencial de la compañía, la cual resulta inaccesible. Una situación contraria implicaría caer dentro del espionaje industrial. Otra importante razón que influye en la disponibilidad de libros es el gran monopolio, en cuestión de publicaciones, ejercido por gran número de compañías editoriales norteamericanas, en nuestro país, que restringen la entrada de obras procedentes de otras naciones tales como Inglaterra, Rusia, Alemania, etc., y que también se destacan por la calidad de su contenido.

A continuación conviene destacar también, la limitación existente en el número de libros publicados sobre Ingeniería de Reactores, cuyo enfoque sea el diseño de los mismos. La mayor cantidad de obras tiene por objetivo el proporcionar un análisis riguroso y un desarrollo teórico de gran profundidad sobre los conceptos cinéticos, apartándose de aspectos prácticos.

La literatura proporcionada en esta parte del capítulo, se orienta al diseño de reactores homogéneos, y se encuentra dispo-

nible en las bibliotecas de las principales Universidades. Una información amplia acerca de obras complementarias que cubren exclusivamente todos los aspectos de Cinética Química --parte importante y decisiva para el diseño de reactores--, es proporcionada en una completa lista bibliográfica contenida en el capítulo 6.

En base a una investigación a través de los medios disponibles, se presenta a continuación, la literatura actual -libros existentes- en el campo de la Ingeniería de Reactores o también conocida como Ingeniería de las Reacciones Químicas. Para obtener una clara perspectiva sobre el tema, se ha seguido una disposición cronológica en la presentación del material bibliográfico.

Hougen, Olaf A. y Watson, Kenneth M.

Chemical Process Principles, Vol. 3, Ed. John Wiley and Sons, 1949.

La primera edición de esta obra fué publicada en 1947. Obra estadounidense consistente de 3 volúmenes en total. El volumen 3 (tercera-impresión, 1949) comprende la parte de Cinética y Catálisis. De escasa disponibilidad en México, se tiene referencia de que existe su traducción al idioma español.

Este libro, representa la aplicación práctica, de la combinación de todas las ideas y conceptos expresados en los dos primeros volúmenes, a la solución de problemas cinéticos en reacciones industriales.

Todos los principios han sido integrados en procedimientos para el diseño de proceso del equipo (diseño químico del reactor), evitando el introducirse en el campo del diseño mecánico. Se enfatizan consideraciones económicas y el establecimiento de condiciones de operación óptimas.

En la exposición de los temas, el significado de cada concepto es ampliamente desarrollado, señalando sus limitaciones y aplicaciones. Se discuten sistemas homogéneos, heterogéneos y catalíticos, dando un mayor énfasis a estos dos últimos.

Ejemplos resueltos e ilustrativos son presentados por el autor, a través de toda la obra, así mismo, problemas propuestos son incluidos al final de cada capítulo.

El material brindado dentro de los cinco capítulos que componen esta obra, ha sido dispuesto en orden progresivo de dificultad.

Los capítulos XVIII y XXII, tratan tópicos concernientes a

a la Ing. de Reactores Homogéneos, los demás capítulos corresponden a la Ing. de Reactores Heterogéneos.

Se presenta a continuación, la temática comprendida en cada uno de los capítulos que integran esta obra:

Capítulo XVIII. Reacciones Homogéneas

Capítulo XIX. Reacciones Catalíticas

Capítulo XX. Transferencia de Masa y Calor en Lechos Catalíticos

Capítulo XXI. Diseño de Reactores Catalíticos

Capítulo XXII. Reacciones Heterogéneas no Catalizadas.

Este libro, uno de los clásicos en su género, representa uno de los primeros intentos por dar una descripción teórica de un arte netamente empírico, como lo era hasta entonces, el diseño de reactores. Además de proporcionar su aplicación práctica a problemas en procesos industriales.

La carencia de referencias bibliográficas representa el único inconveniente de este libro.

Por el mayor énfasis que presta al tópico de Catálisis y reactores catalíticos, es recomendable para la Ing. de reactores heterogéneos.

Esta obra de antigua publicación resulta, por la calidad de su contenido, de gran valor como libro de consulta para el diseño de reactores.

Walas, Stanley.

Reaction Kinetics for Chemical Engineers, Ed, Mc Graw-Hill, 1959.

La obra, está constituida por un sólo volumen. Primera edición. No hay referencia de que exista una traducción al español.

Se encuentra disponible en México. Esta obra norteamericana ofrece un enfoque práctico en el desarrollo de los temas presentados, así como un tratamiento claro y conciso de los mismos.

El contenido de este libro presta especial atención al diseño de proceso de los reactores químicos, así como al análisis de datos cinéticos e interpretación de la literatura correspondiente.

La obra incluye abundantes problemas ilustrativos y sus soluciones, además de problemas propuestos al final de cada capítulo, que abarcan desde el manejo de datos simples y sustituciones numéricas en fórmulas, hasta algunos que requieren habilidad, cierto grado de ingenio y considerable labor.

Una vasta y completa bibliografía de la literatura sobre Cinética Química e Ingeniería de Reactores, se ofrece en una sección especial al final del libro (Apéndice I).

Los 12 capítulos que conforman esta obra, presentan en conjunto un tratamiento bastante balanceado en lo referente a la materia de reactores químicos: la primera mitad del libro -primeros 6 capítulos- se ocupa de la ingeniería de reacciones homogéneas y heterogéneas sin catálisis. La segunda mitad comprende el estudio de la catálisis heterogénea. Así, en resumen, la temática en este volumen incluye tópicos tales como la terminología y teoría de la Cinética Química, reacciones homogéneas, sistemas no isotérmicos,

procesos heterogéneos, catálisis y métodos a nivel industrial. A continuación se muestra en forma detallada los temas correspondientes a cada capítulo de este libro:

- Capítulo 1. Fundamentos . Cinética Química.
- Capítulo 2. Reacciones homogéneas isotérmicas.
- Capítulo 3. Reacciones adiabáticas y programadas.
- Capítulo 4. Reactores continuos de tanque agitado.
- Capítulo 5. Reacciones homogéneas.
- Capítulo 6. Reacciones heterogéneas no catalizadas.
- Capítulo 7. Reacciones catalizadas por sólidos.
- Capítulo 8. Lechos Fijos y fluidizados.
- Capítulo 9. Catálisis heterogénea.
- Capítulo 10 Resultados de prueba llevados a gran escala.
- Capítulo 11 Reactores industriales.
- Capítulo 12 Repaso de matemáticas.

Esta obra no comprende aspectos de diseño mecánico o economía relacionados con el reactor.

Los capítulos 11 y 12 representan una parte importante dentro de la formación profesional. El capítulo 11 "Reactores Industriales" constituye un acercamiento hacia la realidad industrial en materia de la aplicación de conocimientos sobre reactores, y el capítulo 12 proporciona una revisión de aquellos conceptos matemáticos indispensables para el análisis de reactores.

A pesar de ser una publicación cuya edición data de hace casi 30 años, no pierde nunca su gran valor como obra de consulta por el equilibrado balance que ofrece en la presentación de los tópicos y la utilidad de su contenido, aplicable tanto al diseño de reactores homogéneos como heterogéneos.



Por lo relevante de su importancia en el campo de la Ingeniería de Reacciones, este libro es muy recomendable como obra complementaria para un libro de texto principal.

Brötz, Walter.

Fundamentals of Chemical Reaction Engineering, Ed. Addison-Wesley, 1965.

Esta obra, publicada en Estados Unidos, constituye la primera edición en inglés. Se encuentra disponible en México. Este volumen es una traducción de la obra original, de autor alemán, publicada en 1958.

La traducción se hizo directamente del idioma alemán, para lograr su introducción a los Estados Unidos. Los traductores incorporaron la nomenclatura de la técnica americana y aumentaron la bibliografía con referencias de obras americanas y europeas.

El tratamiento conferido a los temas en esta obra, comprende un enfoque tanto teórico como práctico, ya que la obra en sí, representa la compilación de resultados y conclusiones obtenidos por el autor durante el desarrollo de un proyecto de investigación. Este proyecto comprendía posibilidades de cálculo y diseño de reactores químicos.

Este libro no incluye un enfoque hacia el diseño mecánico, sino hacia el diseño químico de reactores. No aborda aspectos económicos. Proporciona una cantidad considerable de referencias al final de cada sección, pero carece de problemas propuestos.

La forma en que el material es presentado por el autor, sigue lógica secuencia, iniciando el estudio por los principios fundamentales y prosigue con temas cada vez más complicados.

El contenido de esta obra resulta conveniente tanto para la Ing. de Reactores homogéneos como heterogéneos.

En esencia, tres capítulos o secciones conforman el volumen, el primero es una introducción al tema, el segundo expone conceptos básicos y el tercero comprende el diseño de reactores.

En seguida, se muestran en forma generalizada los temas presentados en cada sección:

### Sección 1. Introducción.

1.1 Ingeniería de las reacciones químicas, una ciencia aplicada.

1.2 Clasificación. Tipos de reactores.

### Sección 2. Principios químicos fundamentales de ingeniería.

2.1 Estequiometría.

2.2 Equilibrio químico.

2.3 Cinética de reacciones.

2.4 Flujo de gases y líquidos.

2.5 Transferencia de masa.

2.6 Transferencia de calor.

2.7 Analogía entre transferencia de masa, calor y momento.

### Sección 3. Diseño de reactores.

3.1 Métodos de cálculo.

3.2 Conversión y tiempo de residencia en reactores isotérmicos.

3.3 Transferencia de calor en reactores químicos.

3.4 Transferencia de masa en reactores químicos.

En cada una de las secciones o capítulos de esta obra, pueden encontrarse ejemplos resueltos que demuestran la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos.

Este libro resulta muy adecuado como obra de consulta, si se desea alcanzar una mayor profundización en los conceptos de este tema de estudio.

Aris, Rutherford.

Introduction to the Analysis of Chemical Reactors, Ed. Prentice Hall, 1965.

Publicación norteamericana que consta de un sólo volumen.

Primera edición. Disponible en México, no existe aún la traducción correspondiente al idioma español.

El autor presenta en esta obra, un enfoque rigurosamente teórico y matemático de los tópicos expuestos. Para su realización ha tomado como base el manuscrito de E.E. Petersen, "Chemical Reaction Analysis", y las notas sobre cinética química de M. Boudart (quien posteriormente, en 1968 publicaría su libro titulado "Kinetics of Chemical Process").

El libro, más orientado hacia la Ing. de reactores homogéneos que a los reactores heterogéneos, trata los aspectos de esta materia teniendo en consideración el diseño químico o de proceso, sin penetrar al diseño mecánico o a los factores económicos, que también influyen en el diseño de este tipo de equipo.

La desventaja de este libro es que no presenta ejemplos prácticos o problemas resueltos, únicamente proporciona una serie de ejercicios propuestos al final de cada capítulo.

La obra está conformada por 10 capítulos en total, de los cuales solamente el capítulo 6 trata temas relativos a los reactores heterogéneos. En seguida, se expone la temática comprendida por cada uno de los capítulos que integran la obra:

- Capítulo 1 ¿Qué es el análisis del reactor químico?
- Capítulo 2 Estequiometría
- Capítulo 3 Termoquímica
- Capítulo 4 Velocidades de reacción
- Capítulo 5 El progreso de la reacción con el tiempo

- Capítulo 5 El progreso de la reacción con el tiempo
- Capítulo 6 La interacción de los procesos de velocidad químicos y físicos
- Capítulo 7 Reactor continuo tipo tanque agitado
- Capítulo 8 Reactores adiabáticos
- Capítulo 9 Reactor tubular
- Capítulo 10 Reactor batch

El nivel demasiado teórico otorgado al tratamiento de los temas, representa una de las principales desventajas de este libro, ya que resulta de gran inconveniente para quien se inicia en el estudio de la materia. Así como también otra desventaja es la falta de ejemplos o problemas con sus respectivas soluciones, que ilustren las aplicaciones prácticas de los conceptos expuestos.

Denbigh, Kenneth.

Teoría del Reactor Químico, Ed. Alhambra, 1968.

Primera edición española de la obra original "Chemical Reactor Theory", publicada por la Ed. Cambridge University Press, Cambridge. Esta versión en idioma español se encuentra disponible en México. La obra original de autor inglés, está constituida únicamente por un volumen. La traducción es debida a catedráticos de nacionalidad española.

El enfoque de este libro está dirigido hacia un tratamiento teórico de los aspectos físicos y químicos involucrados en el estudio de los reactores químicos.

Esta obra es en esencia una introducción y en consecuencia sólo expone brevemente aspectos que requieren una mayor profundidad, tales como, la transmisión de calor, caída de presión, estabilidad y control del reactor, etc., factores importantes que también deben tenerse en cuenta para el diseño del reactor.

En este volumen no se incluyen tópicos relacionados con el diseño mecánico, sin embargo, un capítulo especial se designa al importante aspecto de optimización.

En la mayoría de los capítulos, al final de cada uno, se presenta un apéndice que incluye problemas resueltos, propuestos y la bibliografía complementaria.

La obra está conformada por 6 capítulos. Los temas que cubre cada capítulo son mencionados a continuación:

Capítulo 1. Tipos de reactores y cinética química

Capítulo 2. Reactores tubulares

Capítulo 3. Reactores continuos tipo tanque agitado

Capítulo 4. Factores químicos que afectan la elección del

reactor.

Capítulo 5. Optimización

Capítulo 6. Características térmicas de los reactores.

La obra resulta recomendable para un estudio más profundo de la Ing. de reactores homogéneos. Los capítulos 1 y 6 incluyen algunos temas sobre catalizadores y reacciones catalíticas.

Aris, Rutherford.

Elementary Chemical Reactor Analysis, Ed. Prentice Hall, 1969

Obra que constituye la primera edición. Disponible en México, cuenta con traducción al idioma español. Esta obra estadounidense consta de un solo volumen únicamente.

El libro representa una versión nueva de la obra original, titulada "Introduction to the Analysis of Chemical Reactors", escrita por el mismo autor en 1965. Esta versión ha sido ampliamente corregida y aumentada, conservando la misma estructura y la mayoría de los títulos de la primera obra.

Esta nueva versión ofrece un enfoque un poco más práctico de los temas expuestos, que la versión original. Da un tratamiento matemático menos riguroso a los conceptos e ideas proporcionados y brinda una gran cantidad de ejemplos prácticos para la ilustración de los principios de cada tema.

Al comienzo de la obra se hace referencia a estos ejemplos, cuyo conocimiento es útil para la apreciación del contenido de la obra. Se proponen ejercicios al final de cada subtema para ser resueltos por el lector.

El diseño de reactores es analizado desde el punto de vista de diseño de proceso, el texto no abarca el diseño mecánico ni aspectos de economía.

La obra está compuesta por 10 capítulos, incluyendo una bibliografía al final de cada uno de ellos. Casi todos los conocimientos proporcionados en los capítulos se refieren a la Ing. de reactores homogéneos, a excepción del capítulo 6, que trata aspectos de catálisis.

A continuación, se resumen en forma general, los temas pre-



sentados en cada capítulo de este volumen:

- Capítulo 1 ¿Qué es el análisis de un reactor químico?
- Capítulo 2 Estquiometría: relaciones, mecanismos de reacción, concentraciones.
- Capítulo 3 Termoquímica y equilibrio químico: Calor de formación, de reacción, cálculo de composiciones de equilibrio en sistemas homogéneos, vel. de reacción, vel. de generación de calor, equilibrio.
- Capítulo 4 Velocidades de reacción: reacciones homogéneas, variación con la conversión y temperatura, reacciones reversibles, reacciones heterogéneas, clasificación de reacciones.
- Capítulo 5 El progreso de la reacción con el tiempo: reacciones de primer orden, irreversibles, homogéneas, concurrentes, consecutivas, métodos numéricos.
- Capítulo 6 Interacción de procesos de velocidad físicos y Químicos: velocidad de reacción efectiva, etapa determinante, transferencia externa de materia, difusión dentro de la partícula catalítica, combinación de transferencia de masa externa y difusión interna.
- Capítulo 7 Reactor tipo tanque agitado de flujo continuo: balance de materia, de energía, diseño de un reactor, estabilidad, grado de mezcla.
- Capítulo 8 Reactores adiabáticos: Tipo tanque agitado, tubular, tipos combinados, reactores en serie, esta-

bilidad.

Capítulo 9 El reactor tubular: tipos de reactores tubulares, balance de materia, de energía, reactores en paralelo, a contracorriente, diseños óptimos.

Capítulo 10 El reactor discontinuo: ecuaciones, operación discontinua, control óptimo.

Como puede observarse, la presentación de los temas parte de los principios fundamentales para adentrarse, en posteriores capítulos, a aspectos más difíciles y complicados.

Esta obra es recomendable como libro de consulta para profundizar en los temas que resulten de particular interés para el lector. Sin embargo, no se recomienda para el principiante en el estudio de esta materia.

Perry, Robert H. y Chilton, Cecil H.

Chemical Engineer's Handbook, Ed. Mc Graw-Hill Kogakusha, 1973.

Obra norteamericana publicada inicialmente en 1934. Hasta la fecha se encuentra publicada la quinta edición de la obra original. Esta edición se encuentra disponible en México y cuenta con traducción al idioma español. Un sólo volumen constituye la obra.

Esta quinta edición sucesora a ediciones previas, representa una obra nueva, totalmente revisada y actualizada. En cada sección se han hecho adiciones y cambios con el fin de proporcionar una mejor información sobre el tema tratado. Esta información incluye las más recientes técnicas de operación y diseño de equipo, que se exponen en base a principios científicos y con un enfoque enteramente práctico.

En la sección No. 4 se encuentra disponible todo el material que concierne a Cinética Química y Diseño de Reactores. Esta sección reviste especial importancia para la Ing. de reactores homogéneos por los tópicos presentados y la forma en que desarrolla su exposición, poniendo mayor énfasis en la aplicación de los fundamentos al diseño de reactores, la interpretación de datos de la laboratorio, planta piloto y los métodos a gran escala. Además, la segunda parte de esta sección está dedicada a la Termodinámica, donde se presentan aspectos tan importantes como los procedimientos para la evaluación de propiedades termodinámicas, a partir de ecuaciones de estado.

En la primera parte de la sección, el diseño de reactores es considerado desde el punto de vista de diseño químico o diseño de proceso, sin pretender abarcar el campo del diseño mecánico.

Se incluye material que comprende tanto reactores homogéneos como catalíticos. Además, se proporcionan ejemplos clave en cada tema considerado y una extensa bibliografía al finalizar la sección. No incluye problemas resueltos o propuestos.

En esencia, esta sección No. 4 se encuentra dividida a su vez en 5 sub-secciones a considerar:

### 1. Fundamentos

Principios de Cinética

Resumen de ecuaciones de velocidad

Catálisis

Resumen de ecuaciones de velocidad para reacciones catalizadas por sólidos

Reacciones heterogéneas, no catalíticas.

### 2. Técnicas Experimentales

Técnica de la huella radioactiva

Espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN)

Espectroscopía de resonancia electrón-spín (RES)

Espectrofotometría de absorción

Análisis térmico diferencial

Cromatografía de gases

Otras técnicas experimentales.

### 3. Interpretación de datos de laboratorio y planta piloto

Comprobación del mecanismo

Derivación de la ecuación de velocidad

Evaluación de la constante de velocidad y el factor de Arrhenius

Identificación de las etapas controlantes de la velocidad.

#### 4. Métodos a gran escala

Similitud química

Modelo matemático

Ejemplos en la práctica

#### 5. Diseño de reactores

Tipos de reactores

Ecuaciones básicas de diseño

Características a considerar para los reactores

Factores que influyen en la selección del tipo de reactor

Reactores catalíticos

Datos de velocidad química

Datos de velocidad física - transferencia de masa

Datos de velocidad física - transferencia de calor

Posteriormente continúa la parte correspondiente a Termodinámica.

La importancia que representa esta sección No. 4, para el estudio de la Ing. de Reactores, radica en su gran utilidad, por tratarse de una compilación y síntesis de la teoría y práctica concerniente al diseño de reactores. El material proporcionado en forma de resumen y formulario, en unas cuantas páginas, permite tenerlo siempre a la mano y poder efectuar, en caso de ser necesario, una rápida consulta sin pérdida de tiempo.

A continuación, conviene destacar otras secciones contenidas en el manual, que merecen consideración por brindar apoyo complementario a la Ing. de Reactores:

Sección 22. Control de Procesos

Sección 23. Materiales de Construcción

Sección 25. Estimación de Costos

Finalmente, sólo queda añadir que este manual jamás pierde

su relevante posición dentro del ámbito educativo y profesional como obra de consulta, por su estilo directo y calidad de contenido. Siempre proporciona un inmejorable cúmulo de conocimientos e información, a la vanguardia de los adelantos científicos y técnicos más modernos.

Carberry, James J.

Chemical and Catalytic Reaction Engineering, Ed. Mc Graw-Hill, 1976.

Primera edición. Disponible en México, actualmente no cuenta con traducción al español. Esta obra norteamericana consta de un volumen en el cual, el principal enfoque corresponde a los reactores químicos catalíticos.

El material presentado en este libro, está dispuesto de acuerdo a un ordenamiento progresivo en el grado de dificultad de los temas tratados.

Tanto la temática presentada, como la amplia exposición ofrecida de los tópicos contenidos, hacen de esta obra el tratado más completo y adecuado para cursos que comprendan la enseñanza de reactores heterogéneos. Sin embargo, la estructuración del material proporcionado en este libro, permite formar un curso introductorio para la Ing. de reactores homogéneos, empleando los primeros cuatro capítulos, parte del capítulo 6 y capítulo 7.

A través de la obra, son proporcionados, en los capítulos, ejemplos ilustrativos. Sin embargo, no presenta problemas resueltos.

En esta obra, el enfoque dado al diseño de reactores, se realiza en base a lograr un diseño químico, no mecánico.

El libro, está constituido por 10 capítulos. Al final de cada uno se presenta una importante lista de referencias adicionales, así como un conjunto de problemas propuestos. Estos problemas comprenden desde simples aplicaciones hasta aquéllos que requieren cierta creatividad o criterio en su solución.

Los tópicos comprendidos en cada capítulo son expuestos a

continuación:

- Capítulo 1. Introducción
- Capítulo 2. Estudio de las reacciones químicas
- Capítulo 3. Estudio de los reactores químicos
- Capítulo 4. Ecuaciones de conservación de masa, energía y  
momentum para reactores
- Capítulo 5. Reacciones heterogéneas
- Capítulo 6. Sistemas reactivos gas-líquido y líquido-líquido
- Capítulo 7. Reacciones fluido sólido no catalíticas
- Capítulo 8. Catálisis heterogénea y Cinética Catalítica
- Capítulo 9. Difusión y catálisis heterogénea
- Capítulo 10. Análisis y diseño de reactores heterogéneos.

Por el enfoque dado hacia el tema de reactores heterogéneos, este libro es recomendable como libro de texto y consulta para un estudio, completo sobre el diseño de los mismos.



Lapidus, Leon y Amundson, Neal R. (Editores)

Chemical Reactor Theory. A review, Ed. Prentice Hall, 1977.

Libro americano que constituye la primera edición. Disponible en México, en la actualidad no tiene traducción al idioma español. Consta únicamente de un solo volumen.

El contenido de este libro presenta un tratamiento muy teórico de la Cinética catalítica, a la cual presta especial atención.

Debido a este enfoque, la obra ofrece aquellos conceptos necesarios para el estudio de la Ing. de reactores heterogéneos.

En el capítulo 13 de este libro, se incluye un tema especial que casi ningún otro libro de Ing. de reactores presenta en su contenido, el control de reactores químicos. Así también, los capítulos 7, 8 y 9 revisten particular interés al exponer aspectos relacionados al campo de acción de la Ing. de reactores dentro de otras ciencias, tal como la Biología y Microbiología. No debe olvidarse que todos los temas tratados en estos capítulos, tienen como base un punto de vista teórico únicamente.

El diseño mecánico del equipo, y los concernientes aspectos de economía, no son comprendidos dentro de la obra.

Todo el material expuesto se presenta de forma que inicia con lo más sencillo y progresa hacia lo más difícil y complicado.

La obra se compone de 13 capítulos. Al final de cada capítulo se incluye una lista de referencias bibliográficas como complemento a los temas.

Los temas que comprende cada uno de los trece capítulos son descritos a continuación:

Capítulo 1 Aspectos matemáticos de la Cinética

Capítulo 2 Tanque agitado y reactor tubular

- Capítulo 3 Catálisis y cinética catalítica
- Capítulo 4 Estado estacionario y dinámico en un gránulo catalítico
- Capítulo 5 Reacciones entre sólidos porosos y gases
- Capítulo 6 Operación en estado estacionario de reactores de lecho fijo
- Capítulo 7 Cinética y dinámica en Microbiología
- Capítulo 8 Reactor biológico
- Capítulo 9 Ingeniería de las reacciones de polimerización
- Capítulo 10 Teoría de fluidización en dos fases y su aplicación a reactores químicos
- Capítulo 11 Modelos de estudio de reactores de lecho fluidizado
- Capítulo 12 Fenómenos periódicos
- Capítulo 13 Control de reactores químicos.

La desventaja que presenta este libro, es la falta de ejemplos resueltos en los que se muestre la aplicación práctica de los conceptos expuestos anteriormente.

Este libro resulta inadecuado para el principiante por el elevado nivel de conocimientos expuestos, así como por el enfoque netamente teórico conferido al desarrollo de todos los temas. Se recomienda únicamente como obra de consulta en caso de requerir profundizar en algunos temas de particular interés.

Hill, Charles G.

An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design, Ed. John Wiley, 1977.

Esta obra publicada por autor norteamericano, representa la primera edición. No existe traducción al idioma español. Se encuentra disponible en México y consta de un volumen únicamente.

Este libro proporciona un nivel introductorio a los aspectos de la cinética de reacciones químicas y el diseño de reactores.

Presta mayor atención a los conceptos de cinética química y a los balances de materia y energía, ya que los considera el fundamento de la práctica en el diseño de reactores.

En la obra, se proporciona un tratamiento teórico-práctico bien equilibrado de todos los temas involucrados. El principal énfasis del libro es dirigido hacia la Ing. de reactores homogéneos, presentando como característica principal, una amplia descripción teórica de los conceptos y deducciones matemáticas de las ecuaciones involucradas en la cinética y diseño de reactores. Así como una extensa aplicación práctica a través de la presentación de innumerables problemas resueltos.

Cabe añadir que dos de los trece capítulos están dedicados a los reactores heterogéneos (Cap. 6 y 12). El orden de dificultad en los conocimientos expuestos, sigue una secuencia progresiva.

En este volumen se proporcionan las bases para un posterior entendimiento de artículos y textos más avanzados. No se incluye ningún enfoque hacia el diseño mecánico del equipo. El estudio sobre reactores químicos se realiza desde el punto de vista de diseño de proceso, sin penetrar en aspectos económicos.

Presenta una gran cantidad de ejemplos ilustrativos y proble

mas resueltos que se basan en casos reales y en datos obtenidos de la literatura científica. Así mismo, incluye al comienzo de la obra, una lista de referencias complementarias muy útiles, que comprende Bibliografía relativa a la Cinética Química y a la Ing. de Reactores.

Trece capítulos conforman este volumen, Al final de cada uno de ellos se proporcionan más referencias bibliográficas y problemas propuestos. Los capítulos 3 a 7 tratan los aspectos de la cinética química de reacciones. Los capítulos 8 a 13 proporcionan una introducción al diseño de reactores. Se comienza con el concepto de reactores ideales con características específicas de mezclado operando isotérmicamente, posteriormente se introducen complicaciones tales como, el uso de combinaciones de reactores, la implicación de reacciones múltiples, efectos de temperatura y energía, efectos del tiempo de residencia y las transferencias de masa y calor involucradas en la catálisis heterogénea.

Precisando los temas que abarca cada uno de los capítulos, a continuación se hace la presentación de los mismos:

- Capítulo 1 Coeficientes estequiométricos y variables en el progreso de la reacción
- Capítulo 2 Termodinámica de las reacciones químicas
- Capítulo 3 Conceptos básicos en Cinética Química - Determinación de la expresión de velocidad
- Capítulo 4 Conceptos básicos en Cinética Química - Interpretación molecular de fenómenos cinéticos
- Capítulo 5 Sistemas Químicos que involucran reacciones múltiples
- Capítulo 6 Elementos de Catálisis Heterogénea

- Capítulo 7 Reacciones en fase líquida
- Capítulo 8 Conceptos básicos de diseño de reactores y Modelos de reactores ideales
- Capítulo 9 Selectividad y optimización en el diseño de reactores isotérmicos
- Capítulo 10 Efectos de temperatura y energía en los reactores químicos
- Capítulo 11 Desviaciones del comportamiento ideal
- Capítulo 12 Diseño de reactores para reacciones catalíticas
- Capítulo 13 Problemas ilustrativos en el diseño de reactores.

Blanco Alvarez, Jesús y Linarte Lazcano, Ricardo.

Diseño de Reactores Químicos, Ed. Trillas, 1978.

Libro que constituye la primera edición, publicada en Marzo de 1978. Se encuentra disponible en México. Obra de autores latinoamericanos que consta de un sólo volumen.

Esta obra presenta los conceptos primordiales para el diseño de reactores químicos, de una manera simple. Expone aspectos tales como: la selección del tipo adecuado de reactor o sistema de reacción necesario para obtener cierta cantidad de producto, la determinación del tamaño óptimo del reactor, las características del funcionamiento y el establecimiento del mejor método para su operación.

Presenta un enfoque únicamente dirigido hacia el diseño de proceso del equipo, sin inmiscuirse en su diseño mecánico. Todos los conceptos son ilustrados mediante la presentación de ejemplos y sus soluciones.

El material que se expone en este libro constituye una clasificación de los diversos tipos de reactores, la exposición se inicia con sistemas simples para concluir con los más complicados.

Se destaca la importancia de la disponibilidad de la mano de obra, la energía, la seguridad, la protección del ambiente, en general todos los aspectos que permitan obtener los mejores resultados.

El libro incluye bibliografía suficiente para la complementación de los temas que despierten mayor interés en el lector.

A continuación, se muestran los temas que involucra cada uno de los 6 capítulos que conforman la obra:

Capítulo 1 Generalidades sobre el diseñador de reactores  
químicos

- Capítulo 2 Diseño de reactores discontinuos
- Capítulo 3 Diseño de reactores en régimen isotérmico
- Capítulo 4 Efecto de la Cinética y tipo de mezcla en el diseño de reactores
- Capítulo 5 Diseño de reactores continuos en régimen no isotérmico.
- Capítulo 6 Diseño de reactores especiales.

El enfoque de este libro, totalmente práctico, lo hace muy útil como obra de consulta para el estudio de la Ing. de reactores homogéneos.

Coulson, J.M. y Richardson, J.F.

Chemical Engineering, Vol. 3, Ed. Pergamon Press, 1979.

Este libro constituye la segunda edición de la obra inicialmente publicada en 1971. Disponible en México, hasta la fecha no cuenta con traducción al idioma español. La obra, de autores ingleses, consta en su totalidad de tres volúmenes. De los cuales, el volumen 3 reviste particular importancia por su enfoque hacia las ramas de la Ing. Química que conciernen al diseño de reactores químicos e Ingeniería de las reacciones bioquímicas, incluyen técnicas de computación y control.

Este volumen proporciona un enfoque práctico en el diseño de sistemas que comprenden reacciones químicas y bioquímicas.

Emplea unidades SI para expresar todas las cantidades y consta de 7 capítulos ilustrados con ejemplos resueltos, donde al final de cada uno de los capítulos se proporciona una lista de lecturas complementarias, de referencias para el capítulo correspondiente y una lista de los símbolos empleados.

El primer capítulo comprende los principios generales del diseño de reactores.

El capítulo segundo trata el diseño y operación de reactores heterogéneos (catalíticos).

La creciente complejidad de las plantas químicas ha creado la necesidad de un mejor control en su operación, de aquí que el capítulo tercero incluya el tema de control de procesos.

La aplicación de las computadoras a los problemas de Ingeniería Química, forma el tema del capítulo cuarto. Son expuestos métodos de computación para la solución numérica de muchos problemas de diseño que resultan difíciles de resolver analítica o



gráficamente.

El capítulo quinto expone la aplicación de la Ingeniería de Reactores a procesos de microbiología industrial a través del estudio de la Ing. de las reacciones bioquímicas.

Digna de tratamiento especial, la tecnología para fluidos no newtonianos, es considerada en el capítulo sexto. Finalmente, el capítulo séptimo, abarca el tema referente a procesos de adsorción, haciendo énfasis en el equipo empleado y su diseño de proceso.

Al final del libro, una sección está especialmente dedicada a problemas propuestos.

Los capítulos primero y cuarto proporcionan aspectos generales e importantes para el estudio de la Ing. de reactores homogéneos. El capítulo quinto, constituye claro ejemplo de una de las muchas aplicaciones industriales de los reactores para obtener mayor productividad.

Este libro no incluye aspectos de diseño mecánico o económicos.

La importancia de este libro como obra de consulta, radica en los métodos que proporciona en el capítulo cuarto, métodos de computación para la solución de ecuaciones diferenciales aplicadas en el análisis de reactores.

Holland, Charles D. y Anthony, Rayford G.

Fundamentals of Chemical Reaction Engineering, Ed. Prentice Hall, 1979.

Primera edición. Un sólo volumen conforma la obra. Escrita por autores estadounidenses, no cuenta con traducción al español.

Puede adquirirse en las principales librerías de México.

Como su propio nombre lo indica, el libro expone los fundamentos de la Ingeniería de Reacciones Químicas. Los temas presentados son abordados desde un punto de vista balanceado de teoría y práctica, de acuerdo a nivel adecuado para quienes desean iniciarse en el estudio de la Ing. de Reactores, tanto homogéneos como heterogéneos.

El desarrollo de los temas, presenta la característica de brindar un estilo directo en su exposición, la cual, siempre se inicia con los principios básicos.

El conjunto de datos experimentales proporcionados son bastante precisos, lo cual unido a la claridad de las exposiciones, dan una amplia perspectiva de los temas sobre cinética química y reactores químicos.

Su enfoque está dirigido hacia el diseño químico del reactor, sin penetrar al diseño mecánico o a los aspectos económicos del equipo.

A través de toda la obra se pueden encontrar numerosos ejemplos con su respectiva solución, que ilustran claramente los conceptos expuestos. Además, al final de cada capítulo se proporciona la bibliografía correspondiente.

El contenido del libro se encuentra dividido en tres secciones: en la primera sección se presentan los principios fundamen-

tales de la Cinética Química y la Ing. de las Reacciones Químicas.

La segunda sección, trata el diseño de reactores térmicos y catalíticos. La tercera sección comprende temas avanzados sobre polimerización, soluciones no ideales y teorías de velocidad de reacción.

El material de los doce capítulos que conforman la obra, está dispuesto en orden creciente de dificultad. Los primeros siete capítulos conciernen a la Ing. de Reactores Homogéneos. Los capítulos restantes tratan tópicos de catálisis y reactores heterogéneos. Al final de cada capítulo se encuentra una serie de problemas propuestos.

Se presentan a continuación los temas comprendidos en cada sección y capítulos correspondientes:

#### Sección 1 FUNDAMENTOS

- Capítulo 1 Velocidades de reacción y reactores batch
- Capítulo 2 Reactores en operación isotérmica
- Capítulo 3 Reacciones simultáneas y consecutivas
- Capítulo 4 Reacciones complejas e interpretación de resultados experimentales
- Capítulo 5 Termodinámica de las Reacciones Químicas
- Capítulo 6 Balances de energía

#### Sección 2 DISEÑO DE REACTORES TÉRMICOS Y CATALÍTICOS

- Capítulo 7 Diseño de reactores térmicos
- Capítulo 8 Fundamentos de catálisis heterogénea
- Capítulo 9 Transferencia de masa y calor en el diseño de reactores catalíticos

### Sección 3 TEMAS AVANZADOS

Capítulo 10 Reacciones de polimerización.

Capítulo 11 Termodinámica y balances de energía para soluciones no ideales

Capítulo 12 Teorías de velocidad de reacción.

El estilo directo en la explicación de los temas y la presentación a través de toda la obra, de diagramas y fotografías de reactores industriales obtenidos de diversas compañías americanas, representa una gran ventaja para quien estudia la materia, ya que esto implica un mayor acercamiento a la práctica profesional.

Proment, Gilbert F. y Bischoff, Kenneth B.

Chemical Reactor Analysis and Design, Ed. John Wiley and Sons. 1979.

Publicación norteamericana. Autores belga y estadounidense.

Esta obra carece de traducción al idioma español. Está constituida por un volumen únicamente. Disponible en México, se trata de la primera edición.

El principal énfasis del libro se confiere hacia el estudio de reactores heterogéneos catalíticos, sin embargo, algunos capítulos comprenden temas de la Ing. de Reactores Homogéneos.

El libro comienza exponiendo las definiciones básicas y principios fundamentales, que posteriormente utiliza al extenderse hacia tópicos más avanzados.

Una característica de esta obra, es el tratamiento a nivel teórico que dá a los temas, otorgándoles un mayor detenimiento y profundidad.

Su enfoque, hacia el diseño químico de los reactores, no incluye aspectos de diseño mecánico o de la economía. La obra posee una cantidad considerable de problemas y ejemplos que ilustran los temas y conceptos expuestos, muchos de los cuales emplean datos cinéticos reales tomados de procesos de importancia industrial.

Al final de cada capítulo se proporciona bibliografía y una serie de problemas propuestos.

La temática expuesta en el libro se puede considerar dividido en dos secciones: la primera comprende Cinética y la segunda el análisis y diseño de reactores. Esta temática se encuentra distribuida dentro de los 14 capítulos que integran la obra:

Parte I Cinética Química

- Capítulo 1 Elementos de la Cinética de reacciones
- Capítulo 2 Cinética de reacciones heteorgéneas catalíticas
- Capítulo 3 Procesos de transporte en reacciones heterogéneas fluido-sólido
- Capítulo 4 Reacciones gas-sólido no catalíticas
- Capítulo 5 Desactivación de catalizadores
- Capítulo 6 Reacciones gas-líquido

## Parte II Análisis y Diseño de Reactores

- Capítulo 7 Ecuaciones fundamentales de balance de masa, energía y momento
- Capítulo 8 Reactor batch
- Capítulo 9 Reactor tipo pistón
- Capítulo 10 Reactor tipo tanque agitado
- Capítulo 11 Reactores catalíticos de lecho fijo
- Capítulo 12 Patrones de flujo no ideal
- Capítulo 13 Reactores de lecho fluidizado
- Capítulo 14 Reactores de flujo multifase.

Este libro es recomendable como obra de consulta por la cantidad de ejemplos que proporciona a través de todo su contenido.

Butt, John B.

Reaction Kinetics and Reactor Design, Ed. Prentice Hall, 1980.

Este libro constituye la primera edición. Se encuentra disponible en México. Actualmente no existe la traducción al español. La obra, de autor norteamericano, consta de un sólo volumen.

El enfoque principal de este libro, se orienta básicamente hacia la exposición teórica de los principios cinéticos, diseño de reactores químicos y catálisis.

Los tópicos de los primeros tres capítulos dan énfasis a los aspectos de la Cinética Química. A partir del capítulo cuarto comienza el estudio de la Ing. de reacciones químicas, en base a la exposición de la teoría del reactor químico y prosiguiendo con los modelos de análisis de reactores ideales y reales.

Factores importantes para la reacción química y el análisis del reactor, como son la selectividad y velocidad de reacción, se destacan a través de toda la obra. No se discuten asuntos relacionados con los aspectos económicos o diseño mecánico de reactores químicos.

Se incluye al final de cada capítulo contenido en la obra, una serie de ejercicios propuestos que abarcan desde una simple aplicación de las ecuaciones y conceptos, hasta problemas de criterio que en algunos casos pueden tener varias respuestas.

Siete capítulos componen la obra. Cada capítulo se divide a su vez en una serie de módulos. Todos los conceptos expuestos en los capítulos corresponden a la Ing. de reactores homogéneos, a excepción de los presentados en los capítulos 3 y 7, que conciernen a sistemas heterogéneos catalíticos.

Se exponen a continuación los tópicos que comprende cada capítulo contenido en la obra:

Capítulo 1 Cinética de reacción en sistemas homogéneos

Capítulo 2 Mecanismos de reacciones químicas en fase homogénea

Capítulo 3 Mecanismos de reacciones químicas en superficies

Capítulo 4 Introducción a la teoría del reactor químico

Capítulo 5 Modelos para el estudio de reactores reales

Capítulo 6 Efectos térmicos en el modelo para reactores reales

Capítulo 7 Reacciones en sistemas heterogéneos.

Este libro reviste particular interés por el amplio tratado que presenta sobre mecanismos de reacción (Cap, No. 2), así como por el estudio de modelos para reactores reales proporcionado en el capítulo No. 5.

La ausencia de referencias bibliográficas y ejemplos resueltos ilustrativos, representa una gran desventaja en el contenido de esta obra.



De la Peña Manrique, Ramón.

Introducción al Análisis Ingenieril de los Reactores Químicos, Ed. Limusa, 1961.

Libro que constituye la primera edición, publicada en enero de 1961. Disponible en México. Obra de autor mexicano, que consta de un sólo volumen.

Este libro constituye una base para plantear y resolver el diseño y análisis de los reactores químicos aplicando dos criterios diferentes. En el primero emplea técnicas y métodos de escalamiento, en el segundo, utiliza las ecuaciones cinéticas de diseño.

En esta obra no se incluyen aspectos del diseño mecánico o económico del reactor. Así como también, no proporciona referencias bibliográficas.

A lo largo de toda la obra se presentan ejemplos con sus respectivas soluciones, que muestran la aplicación de los principios expresados.

El libro consta de 14 capítulos en total, de los cuales los primeros 11 tratan temas concernientes al diseño de reactores homogéneos. Los tres últimos capítulos la catálisis y el diseño de reactores catalíticos. La exposición de los tópicos se hace en forma progresiva, partiendo de lo simple hasta alcanzar los temas más difíciles.

A continuación se presentan los tópicos que comprende cada capítulo de los que integran el contenido de esta obra:

#### Capítulo 1 Introducción

Conocimientos previos que deben dominarse antes de iniciar el estudio de los reactores.

- Capítulo 2 Conceptos y definiciones básicos  
Conceptos fundamentales para la comprensión posterior de capítulos siguientes.
- Capítulo 3 Ecuaciones de diseño para reactores ideales  
Empleo del balance de materia para el planteamiento de las ecuaciones.
- Capítulo 4 Equilibrio Químico  
Conceptos y técnicas para la obtención de las composiciones en equilibrio.
- Capítulo 5 Efecto de la concentración en la velocidad de reacción  
Efectos de productos y reactantes. Mediciones experimentales y conceptos para su evaluación cualitativa y cuantitativa.
- Capítulo 6 Efecto de la temperatura en la velocidad de reacción  
Ecuación de Arrhenius. Teorías de velocidad.
- Capítulo 7 Diseño y análisis de reactores ideales isotérmicos  
Metodología general para reactores intermitentes, tubulares y continuos tipo tanque.
- Capítulo 8 Balance macroscópico de energía en operaciones que involucren sistemas con reacción química  
Reactor tubular, continuo tipo tanque, intermitente.
- Capítulo 9 Diseño y análisis de reactores ideales no isotérmicos  
Reactores intermitentes, tubulares y continuos tipo tanque.

- Capítulo 10 Diseño óptimo de reactores ideales  
Reacciones simples y complejas.
- Capítulo 11 No idealidades en los reactores de flujo  
Causas principales. Distribución de tiempos de residencia.
- Capítulo 12 Reacciones heterogéneas catalíticas  
Cinética de las reacciones catalíticas. Conceptos básicos sobre las reacciones catalíticas só lido-gas.
- Capítulo 13 Efecto del transporte de masa y energía  
Factor de efectividad. Coeficiente de difusividad. Efecto de la temperatura en el factor de efectividad. Transporte de masa y energía entre el fluido y la superficie externa del catalizador.
- Capítulo 14 Diseño de reactores catalíticos ideales  
Efectos de difusión interior y exterior.

Esta obra presenta un enfoque más teórico que práctico, pero su utilidad radica en la aportación de métodos y técnicas diferentes para el tratamiento del diseño de reactores.

Esta disposición cronológica en la presentación de las diversas obras que forman parte de la literatura sobre Ingeniería de Reactores, ha permitido realizar un análisis comparativo, el cual pone en evidencia que, mientras modernos libros de reciente publicación ofrecen adelantos tecnológicos y nuevos métodos matemáticos en la realización de cálculos, obras de edición más antigua continúan prevaleciendo en el ámbito profesional y educativo por su calidad informativa. Proporcionan los principios básicos o fundamentales que permanecen inalterables aún cuando la Ciencia progresa.

La fecha de publicación y el tipo de autor revelan respectivamente, las tendencias de la época y el tratamiento otorgado al desarrollo de los temas. Conforme han transcurrido los años, marcadas diferencias entre una y otra obra se han debido a los continuos y crecientes desarrollos científicos y matemáticos, así como a los adelantos en el campo de la computación y la cinética química. Estos marcan en consecuencia tendencias nuevas en el estudio y análisis de un tema determinado, ya que se dispone de herramientas más modernas. Así, las nuevas técnicas han permitido lograr una mejor comprensión de la fenomenología de los procesos involucrados, lo cual se refleja en la tendencia seguida en los últimos años hacia la mayor profundización en los tópicos considerados.

El tipo de autor, considerado en base al desarrollo de su estilo propio en la exposición de la materia, marca otra de las diferencias fundamentales entre las distintas obras. Este estilo, reflejo del ambiente socio-económico que rodea al autor según la época, influye en su punto de vista. Así, el tratamiento que da a los tópicos depende de su propia experiencia en el campo pro-

fesional y de sus relaciones industriales para obtener información complementaria. En consecuencia, el enfoque dado puede ser más teórico o más práctico, lo que redundará en que el autor preste mayor atención al tratamiento termodinámico de los conceptos cinéticos o al diseño práctico de reactores químicos.

El interés particular que el autor muestre en ciertos temas más que en otros, determina la profundidad y extensión conferida al desarrollo de los mismos, ya que resultan ser más atractivos a su inquietud científica.

A parte de la literatura aquí mencionada, se tiene referencia de otras obras cuyo contenido también comprende el estudio del diseño de reactores pero que, debido a su escasa disponibilidad, ha sido imposible tener acceso a ellas para realizar el correspondiente análisis. Por tanto, a fin de que la información sobre este campo, sea lo más completa posible, a continuación se procede a mencionar los títulos de estas obras cuya existencia complementa el conocimiento del acervo bibliográfico, en el campo de la Ing. de Reactores Homogéneos.

1. Aris, Rutherford.

The Optimal Design of Chemical Reactors, Ed. Academic Press, 1961.

2. Cooper, A.R. y Jeffreys, G.V.

Chemical Kinetics and Reactor Design, Ed. Oliver and Boyd, 1971.

3. Cremer, H.W. (Editor)

Chemical Engineering Practice, Vol. 8, Ed. Butterworths, 1965.

4. Espenson, James H.  
Chemical Kinetics and Reaction Mechanisms, Ed.  
Mc Graw-Hill, 1981.
5. Fogler, H.S.  
The Elements of Chemical Kinetics and Reactor  
Calculations, Ed. Prentice Hall, 1974.
6. Kramers, H. and Westerterp, K.R.  
Elements of Chemical Reactor Design and Operation,  
Ed. Academic Press, 1963.

Si en este capítulo se ha hecho omisión de algunas obras que conciernen a la Ingeniería de Reactores además de las presentadas, se debe a que no competen al campo de reactores homogéneos, principal objeto de nuestro estudio.

Finalmente, conviene destacar la importancia que representa para quien dedica su esfuerzo al estudio de la materia Ing. de Reactores, el poder disponer de una gama de obras cuyas diferentes filosofías, cubren tanto las necesidades bibliográficas como la selección, de acuerdo a la capacidad de comprensión individuales.

**CAPITULO No. 4**

**Sección II. Selección del libro de texto .**

## Sección II. Selección del libro de texto.

La actualización de la enseñanza como parte integral del proceso educativo, exige el análisis y estudio de nuevas alternativas para el mejoramiento del nivel académico. La proposición de nuevos libros de texto para la disciplina académica de Ingeniería Química VII o Ingenierías de Reactores Homogéneos, constituye una de estas alternativas. Alternativas educacionales complementarias con respecto a los sistemas ya existentes.

La necesidad de contar con otros libros de texto que amplíen los recursos bibliográficos en materia de enseñanza de la Ingeniería de Reactores, como material didáctico suplementario a un programa de estudios, ha sido la preocupación que nos ha impulsado a realizar este trabajo de investigación, tomando en consideración las dificultades que desde el punto de vista educativo, implica el tratar de seleccionar una obra adecuada como libro de texto a nivel profesional, para que cumpla la misión fundamental de proporcionar el material de apoyo requerido por el programa. Pues aunque existen diversas obras sobre la materia, muy pocas se adecúan al nivel de licenciatura proporcionando un contenido óptimo, dentro de una visión equilibrada de teoría y práctica realmente a propia al nivel académico considerado.

Surge así, el problema de determinar el tipo de material escrito que debe ser seleccionado para el método de estudio determinado por un programa. De tal forma que, aunque como disciplina académica a nivel licenciatura, la Ingeniería de Reactores, ha sido parte de la formación profesional del ingeniero químico durante un buen número de años, tanto al profesional dedicado a la enseñanza como al futuro profesionista le ha sido siempre difícil



seleccionar el libro adecuado, pues encuentra en la literatura contemporánea una notable pluralidad de enfoques y criterios en las diversas publicaciones, generalmente discordantes con sus proósitos u objetivos. Así, se observan estudios teóricos, de elevado valor científico, en los que el autor persigue como investigador el concepto más íntimo, desarrollando complicados esquemas mediante los cuales intenta explicar los fenómenos observados, generalmente a nivel semicuantitativo; careciendo de valor inmediato en el diseño práctico de reactores químicos. Y en vista de que, la Ingeniería de Reactores es un instrumento del que disponen los ingenieros químicos que buscan una formulación cuantitativa de la reactividad química, se requiere entonces de estudios cuantitativos que, sin embargo, son limitados. Solamente reducido número de obras de la literatura científica tiende a aproximarse a una realidad más práctica.

Sin que esto signifique, en ningún momento, dejar de reconocer y dar crédito a los esfuerzos que los estudiosos realizan en el campo teórico, no debe olvidarse sin embargo, tomando en consideración el aspecto educativo, que el principiante puede perderse dentro de un gran cúmulo de teorías y deducciones incomprensibles para él en ese momento, y que hacen diverger su pensamiento en relación al objetivo central, que constituye el aprendizaje de los conceptos fundamentales del diseño de reactores. En consecuencia, el libro que se seleccione como texto para la formación profesional no debe presentar la Ingeniería de Reactores para el especialista, es decir, no debe exponer las cuestiones más avanzadas en su desarrollo. El enfoque del autor debe proporcionar el adecuado nivel para estudios de licenciatura. Además, la exposición de las

ideas e ilustraciones en cada capítulo han de estar actualizadas dejando ver que no se trata de un libro de ingeniería química muy anticuado.

Por tanto, el texto para formación profesional, al constituir un importante elemento de apoyo didáctico en la adquisición de nuevos conceptos que mejoren el perfil de conocimientos, debe poseer en su contenido el material esencial, escrito en un estilo y a un nivel de comprensión adecuados, pero, siempre en correspondencia con un conveniente equilibrio teórico-práctico.

El contenido de la obra deberá concordar, en todo lo que más sea posible, con los requisitos profesionales de la Ingeniería Química; ya que la selección de ese contenido funcional es básica para la eficacia de la enseñanza a nivel profesional.

Del mismo modo, la selección de una obra debe ser acertada ya que el libro es el medio por el cual se transmite la información que constituirá la base sólida de conocimientos requeridos por todo profesionalista para que logre conformar su criterio y posteriormente pueda desarrollar en cualquiera de los procesos propios de su futuro trabajo, las técnicas en las que se funda la habilidad intelectual; resolviendo así, las dificultades que surjan en la práctica de su profesión.

Entonces, la publicación debe ser un reflejo fiel de nuestra realidad. Una respuesta coherente y eficaz para las necesidades ocasionadas por el creciente uso y evolución de los métodos basados en técnicas que tienen vigencia en la disciplina de Ingeniería de Reactores. En consecuencia debe ser un texto esencialmente ágil, moderno cual corresponde a la enorme vitalidad de nuestra carrera, siempre en constante evolución.

Se tiene en conclusión que, para elección de un adecuado libro de texto, éste debe reunir en su mayoría todas las características ya mencionadas. Así aquel libro de Ingeniería de Reactores que reúna la mayoría de las características óptimas, será el libro que más se ajuste a las necesidades básicas de todo estudiante de ingeniería química y que son, la impartición de conocimientos útiles y de aplicación práctica dentro del mundo real, pero sin perder el rigor y la disciplina que todo conocimiento científico debe tener.

De esta manera, una obra de ingeniería química debe reunir en un todo coherente y estructurado las mejores características pedagógicas, didácticas, científicas, técnicas e industriales, todo ello sin perder unidad y sin hundirse dentro de un cúmulo de temas inconexos y abstractos que le harían perder su valor útil dentro de la ingeniería.

Por tanto, para que un libro cumpla sus funciones como texto, debe cubrir todos los requerimientos y necesidades manifiestas en materia de educación. Esto sería lo idóneo, sin embargo, el hecho es que un sólo libro no puede dar respuesta a todas las necesidades en la problemática de la enseñanza.

Se han escrito varios libros sobre la Ingeniería de Reactores sin embargo, solamente un muy reducido número de ellos son apropiados como textos para un curso completo a nivel universitario. El profesor generalmente considera necesario acumular una serie de libros cada uno de los cuales tiene determinadas secciones o capítulos, cuyo contenido se refiere y abarca, más o menos, a la información necesaria para el curso.

Por consiguiente, el que un sólo libro integre en su contenido todas aquellas características que cubran las necesidades de un curso, ha sido la consideración tenida en mente para la selección de una obra de texto, lo cual no ha sido una tarea fácil.

Sin embargo, en respuesta a esta necesidad y como resultado de efectuar una investigación que ha comprendido la recopilación y la revisión integral de la literatura consolidando toda la información disponible, se dan a conocer a continuación, tres obras seleccionadas que se proponen para desempeñar la función de un texto principal:

- I. Hill, Charles G.  
An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design, Ed. John Wiley, 1977, (1a. Edición).
- II. Holland, Charles D. and Anthony, Rayford G.  
Fundamentals of Chemical Reaction Engineering, Ed. Prentice Hall, 1979, (1a. Edición).
- III. Smith, J.M.  
Chemical Engineering Kinetics, Ed. Mc Graw-Hill, 1981 (3a. Edición).

Cada una de estas obras cubre las características básicas requeridas por un buen libro de texto adecuado para nivel licenciatura. Constituyen, a nuestro juicio, las tres mejores alternativas que pueden ofrecerse a los profesionales en la enseñanza, que requieran un libro como texto adaptable a un programa de estudios.

El orden en que las obras han sido mencionadas representa la importancia dada para la proposición de los textos.

Cabe añadir, que el estudio para la selección de una obra apropiada o conveniente para un curso o programa de estudios, no debe limitarse únicamente a proponer el texto principal; para que pueda considerarse realmente completo, debe ampliarse igualmente a recomendar aquellos libros útiles como obras de consulta o complementarias para ese curso o programa. Por tal motivo, esta investigación se ha extendido hasta incluir ese importante aspecto en su contenido. Como consecuencia, se presentan a continuación las obras propuestas para cumplir con tal función:

1. Walas, Stanley.  
Reaction Kinetics for Chemical Engineers, Ed. Mc Graw-Hill, 1959.

2. Perry, Robert H. and Chilton, Cecil H.  
Chemical Engineer's Handbook, Ed. McGraw-Hill, 1973 y ediciones de años subsiguientes.
3. Blanco Álvarez, Jesús y Linarte Lazcano, Ricardo.  
Diseño de Reactores Químicos, Ed. Trillas, 1978.
4. Coulson, J.M. and Richardson, J.F.  
Chemical Engineering, Vol.3, Ed. Pergamon Press, 1979.
5. Butt, John B.  
Reaction Kinetics and Reactor Design, Ed. Prentice Hall, 1980.

En este caso, también el orden en que se han presentado los libros, indica la importancia que se ha dado en la proposición de los mismos.

Como obras complementarias, estos volúmenes ofrecen todo el material necesario en calidad de ayuda y complemento pedagógico, para hacer comprender al educando, más fácilmente, por qué se estudian los diferentes temas y cómo contribuye cada uno de ellos a la total comprensión de la Ingeniería de Reactores.

La razón que fundamenta la elección y propuesta de los textos principales y las obras complementarias, radica en que todos los libros seleccionados reúnen inmejorables características, tanto pedagógicas como didácticas, científicas, técnicas e industriales requeridas para impartir una disciplina altamente tecnológica como lo es la Ingeniería de Reactores.

#### CARACTERÍSTICAS PEDAGÓGICAS.

Eminentemente orientados hacia el diseño de reactores homogéneos, los textos principales cubriendo con rigurosidad teórica más no abstracta los aspectos requeridos por la materia y las más avanzadas técnicas para solución de problemas, ofrecen estilos diferentes a los ya tradicionales, proporcionando una mejor elección que se adapte a nuevos criterios y objetivos pedagógicos.

Las obras están encomendadas para la preparación de estudiantes de Ingeniería Química que requieren de un buen nivel de conocimientos sobre el diseño de reactores. Asimismo, proporcionan las bases para cursos superiores, de tal modo que, como textos introductorios o de repaso estas obras son útiles tanto en el nivel de licenciatura como en el de posgrado.

Al ser textos a nivel universitario, el material en su conjunto, puede impartirse en cursos de un semestre de duración conforme a los programas de estudio. Su amplio y variado contenido temático, junto con las ventajas ya mencionadas, los hacen ideales para adaptarse a muchos tipos de programas. Su estructura permite que puedan utilizarse todos o determinados capítulos para un curso.

De este modo, el orden de presentación de los mismos, determinado por preferencias pedagógicas, permite llevar una secuencia

lógica y progresiva. Además estos capítulos están separados en secciones de tal manera que, los profesionales de la enseñanza pueden por lo tanto, reordenar los temas con relativa facilidad, o suprimir material, en función de las diferentes necesidades.

Cabe remarcar que, las obras cumplen simultáneamente con dos importantes requisitos pedagógicos o educacionales: combinan los beneficios propios de un texto original con los de un libro de repaso. Su carácter global, que no excluye la presentación del detalle riguroso y extenso, los hace unos textos originales y completos. Al mismo tiempo, en su calidad de libros de repaso, proporcionan cientos de problemas resueltos. De este modo, estos volúmenes pueden ser utilizados no sólo como textos básicos en cursos sobre diseño de reactores, sino por su enfoque primordialmente práctico, como manuales ágiles, en los que abundan las demostraciones y ejemplos ilustrativos que por el enfoque metodológico seguido por los autores, enseñan los procedimientos de resolución de los problemas; permitiendo asimilar, aplicar y reforzar en detalle todos los criterios y conceptos expuestos.

En tanto que los libros complementarios o de consulta, por su estructura y organización, pueden ser utilizados como obras suplementarias de estudio a fin de proporcionar la continuidad teórica y la profundidad necesaria, y de ayudar a establecer la relación del desarrollo teórico con el aspecto práctico de aplicación industrial, en un sentido más amplio.

Estas obras complementan los textos y referencias existentes, sirviendo como fuente cómoda de información, al proporcionar un análisis suficientemente vasto de los temas que comprenden, facilitando así, la pronta ubicación del educando en el proceso del diseño de reactores.



Finalmente, sólo queda añadir que tanto los textos principales como las obras de consulta o complementarias, ofrecen un panorama completo de lo que es el diseño de un reactor químico, dentro de un área de especialización de la Ingeniería Química, como lo es la Ingeniería de Reactores.

## CARACTERÍSTICAS DIDÁCTICAS.

En estos libros se ha aprovechado todo tipo de recursos didácticos existentes para ofrecer obras útiles tanto al estudiante que se inicia en esta disciplina así como al avanzado o incluso, a aquellos que centran sus intereses en campos no directamente relacionados con el diseño de reactores.

Los textos son altamente didácticos, puesto que su estructura ayuda a que se pueda tener un conocimiento razonable de lo que comprende la Ingeniería de Reactores, en base al empleo de una gran variedad de ayudas didácticas que incluyen diagramas, resúmenes, ejercicios, problemas "modelo" resueltos, esquemas, tablas, índices, etc. Incluyendo también apéndices complementarios con datos actualizados. El desarrollo teórico se ve sistemáticamente apoyado por ejemplos cuidadosamente seleccionados a partir de situaciones reales, así como por una amplia colección de problemas clasificados y ordenados según su tipo y grado de dificultad. Además se hace uso extenso de métodos gráficos de resolución. A todo esto se agrega un considerable conjunto de ejercicios propuestos al final de cada capítulo.

La proposición didáctica de la serie de ejercicios o problemas resueltos, hecha a través de las obras, ayuda a que el estudiante pueda elaborar sus propias conclusiones. De este modo, el alumno no sólo alcanza una comprensión más completa de los temas tratados, sino que siente la satisfacción y la conveniencia de participar directamente en el análisis de los mismos. Así, en cada uno de los textos se desarrolla el contenido conforme a una metodología que induce al educando a jugar un papel activo durante su estudio.

Por consiguiente, los ejemplos son empleados ventajosamente para presentar una ampliación de los conceptos teóricos, así como para aclarar y destacar puntos importantes mencionados a través del texto.

Con todo ello se logra estimular en el educando, el gusto por la materia y la seguridad en su manejo. Además la posibilidad del refuerzo inmediato por medio de esos ejemplos, ayuda a inculcar en el estudiante métodos disciplinados y buenos hábitos en la resolución de problemas.

Los capítulos divididos en secciones facilitan el establecimiento de los objetivos para cada clase. El ordenamiento de los mismos orienta el material expuesto hacia el aprendizaje del diseño de reactores. Todas las obras profusamente ilustradas por fotografías y dibujos de alta calidad didáctica, permiten captar con mayor claridad su contenido; y su actualidad, permite relacionarse con las publicaciones más recientes en el campo de la Ingeniería de Reactores.

## CARACTERÍSTICAS CIENTÍFICAS.

Las obras desarrollando ordenada y sistemáticamente los principios fundamentales de la Ingeniería de Reactores desde un punto de vista unificado y moderno, constituyen un esfuerzo notable de investigación científica destinado a descubrir la increíble complejidad de los procesos químicos. Por tanto, los textos transmiten información de elevada calidad, otorgándole el adecuado rigor científico requerido por la materia; pero, sin apartarse nunca de la aplicación práctica.

Los autores llevan al lector desde el inicio del estudio formal de esta disciplina, hasta la misma investigación aplicada. Así, las obras contienen estudios de casos extraídos de la literatura de investigadores que permiten aplicar los conceptos expuestos.

Sin minimizar aquellos aspectos de orden práctico, se conserva en todas las obras, el rigor y precisión propias de la aplicación estricta de las matemáticas. Todos los temas incluyen el uso de instrumental matemático avanzado, por lo que es importante que la persona que utilice estos libros, posea sólidos conocimientos de Cálculo Diferencial e Integral así como Ecuaciones Diferenciales.

Otra de las ventajas presentadas por los libros propuestos es que en su contenido se ha procurado detallar las demostraciones a fin de aclarificar al máximo los conceptos básicos. No presentan solamente las respuestas a los problemas sino todo el desarrollo lógico de la utilización de las fórmulas adecuadas para llegar a la respuesta correcta. En consecuencia, la lectura de estos trabajos despiertan la reflexión del lector o estudiante

acerca de la importancia de las conclusiones metodológicas y su relación con la teoría.

Todas las obras demuestran que además de los trabajos clásicos, existen otros realizados en el campo de la Ingeniería de Reactores, que aunque menos conocidos, no por eso dejan de ser relevantes desde una perspectiva científica.

En los diversos libros a través de una serie de artículos que han sido recogidos de distintas fuentes, por los diversos autores, se pueden analizar las dimensiones y consecuencias de un tema de validez universal como lo han sido la cinética química y el diseño de reactores.

Por el propósito de su contenido, las obras propuestas pueden ser utilizadas para alcanzar posteriormente, niveles de estudio más avanzados sobre la Ingeniería de Reactores, o bien para conocer de manera detallada y completa los adelantos más recientes en el campo de la Ingeniería Química.

En particular, los textos principales, son obras novedosas tanto por su enfoque como por su contenido, ya que contienen temas fundamentales que no se encuentran en la mayoría de los textos tradicionales de Ingeniería de Reactores. Además por su propia actualidad y los tópicos avanzados que incluyen, también resultan de interés para el especialista.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Como textos introductorios ideales, las obras propuestas, cubren satisfactoriamente la creciente necesidad de información que tienen, en el campo de la Ingeniería de Reactores, tanto el personal profesional como el técnico o especializado.

Mediante el desarrollo de su contenido se demuestra como la tecnología de los métodos de diseño de reactores, coadyuvan a un mejor desarrollo industrial.

El estudio hecho en las diversas obras, proporciona diferentes metodologías, técnicas nuevas y modernas para la obtención de datos cinéticos y el diseño de reactores, y se ha escrito a la luz de los últimos avances en este campo de rápida evolución.

Como libros de gran calidad, manteniendo por igual el trato cuidadoso y experto de los temas, integran las técnicas cuantitativas y los conceptos más relevantes, enfatizando su operacionalización en la práctica. Pudiéndose considerar entonces, por la forma en la elaboración del material expuesto, como textos teórico-prácticos.

Esa integración de las distintas técnicas a partir de situaciones reales, permite especificar los alcances y las limitaciones de las aplicaciones respectivas, para lograr una correcta interpretación de los datos que se manejan.

Todos los libros propuestos, obras precisas de fácil consulta, contribuyen a que se puedan absorber más fácilmente los conocimientos en la materia, ya que los temas se analizan omitiendo en lo posible aquellos conceptos abstractos que son difíciles de visualizar. Al mismo tiempo proporcionan una base para diversos cursos de especialización que requieran las habilidades y el dom

minio en los cálculos de diseño adquiridos mediante el estudio de estas obras.

Otra característica importante en estas obras, es la inclusión al final de cada uno de los temas expuestos, de una amplia bibliografía en la que se mencionan las publicaciones más sobresalientes que existen sobre la tecnología de reactores.

## CARACTERÍSTICAS INDUSTRIALES.

Una de las características más relevantes de todos los libros propuestos, es su énfasis en el carácter industrial. Todo el desarrollo de los tópicos seleccionados por los autores se basa en datos actualizados y verídicos directamente relacionados con procesos químicos de suma importancia en la industria.

Todas las obras constituyen útiles manuales para aquellos técnicos e ingenieros que deseen adquirir conocimientos sobre una especialidad tal como es la Ingeniería de Reactores, ya que los autores en los estudios considerados vierten su larga experiencia personal tanto profesional como docente.

Si bien cubriendo en su mayor parte los temas tradicionales, estas obras, tratan también varios temas de gran importancia en la Ingeniería de Reactores contemporánea; citemos como ejemplo, la aplicación de su tecnología a la microbiología industrial, a los procesos de la industria petroquímica, etc. Por consiguiente, dada la gran variedad de aplicaciones modernas que tiene esta disciplina, su utilidad abarca diversas ramas de las Ciencias Básicas y la Ingeniería, por lo que las obras propuestas son bastante recomendables como libros de consulta para el ingeniero químico ya en la práctica de su actividad profesional.

Cabe mencionar que el carácter especializado de estos textos no impide su aprovechamiento por parte de una persona con conocimientos medianos de cinética química.

Asimismo, conviene poner de relieve que es de particular interés, en carreras científicas como la ingeniería química, el proporcionar al profesional en formación las bases de la Ingeniería de Reactores, pues ésta le provee de las herramientas necesarias



para enfocar y atacar adecuada y rigurosamente muchos de los problemas a los que se enfrentará en su campo de trabajo. En consecuencia, el principal objetivo que se persigue con estas obras en su conjunto, es el de proporcionar al futuro profesionista una perspectiva real de la aplicación del diseño de reactores en la industria química, por la vía de la práctica sistemática y dosificada, utilizando en lo posible, ejemplos claros sobre procesos industriales, con el fin de acercar su estudio a nuestra realidad inmediata.

La selección del libro de texto ha constituido el marco de referencia para el desarrollo de esta parte del capítulo, sin embargo, hasta aquí se le ha dado mayor importancia al punto de vista educativo. Profundizando ahora un poco más en el aspecto industrial, es conveniente destacar que cuando una empresa contrata a un ingeniero, investiga su capacidad para desempeñar la función que va a realizar. La mayor parte de esa capacidad y habilidad es desarrollada a través del aprendizaje en la universidad, apoyado por un libro de texto, el cual debe ser perfectamente seleccionado pues, conocer a fondo la interpretación de los conceptos, ecuaciones y sus aplicaciones, es más importante que cualquier otro tipo de conocimiento.

Asimismo, ha quedado demostrado plenamente que el sólo conocimiento teórico no es suficiente para garantizar la competencia en el trabajo, después de fijarse en la mente los puntos esenciales en relación con el trabajo que va a realizar, la fase de aplicación práctica permitirá al ingeniero diseñar, operar, controlar y optimizar los reactores de la industria química.

El ingeniero químico verdaderamente hábil debe ser capaz de escoger los materiales, ha de saber proyectar el proceso de ejecución de cada trabajo y seleccionar los métodos, técnicas y equipo más conveniente para ejecutar cualquier tarea comprendida dentro de la esfera de actividad de su profesión. Debe poseer el grado necesario de habilidad en el manejo de los instrumentos conceptuales que le ayudan a identificar, analizar y solventar los problemas propios de su profesión. Debe ser capaz de prever las dificultades del trabajo, de conocer sus causas cuando las examina y de hacer los cambios necesarios en el proceso de operación o en la

técnica de ejecución.

Para poseer estas cualidades y otras asociadas con ellas, es necesario un completo conocimiento y comprensión de la teoría de la profesión y sus aplicaciones. Para ello, es preciso conocer la información esencial correspondiente a la respectiva especialidad. Esto se logra a través del programa de estudios, el libro de texto y la experiencia que aporta el profesional de la enseñanza para exponer esta información con toda claridad, de una manera directa, ordenada y metódica al educando.

La realización de trabajos en la Ingeniería Química es más satisfactoria y adquiere más importancia cuando el profesionalista, además de tener la habilidad práctica propia de la profesión, conoce la teoría de la misma. Cuando le falta el conocimiento teórico o el práctico, se ve obligado a recurrir a tanteos y a métodos defectuosos para resolver los problemas que le plantea el ejercicio de su profesión, malgastando tiempo y esfuerzo hasta que encuentra la manera de realizar el trabajo. Esto trae como consecuencia el demérito del nivel de la profesión en el ámbito de trabajo, situación factible de evitar, si el profesionalista en formación toma verdadera conciencia de la importancia y responsabilidad personal que implica el estudio de una profesión.

Finalmente, sólo queda añadir que, la propuesta de otros libros como texto para la enseñanza de la disciplina Ingeniería de Reactores Homogéneos o Ingeniería Química VII, no pretende de ninguna manera imponer determinados libros, sino ofrecer como ya se ha mencionado anteriormente, nuevas alternativas en el complicado proceso enseñanza-aprendizaje. Soluciones viables para contribuir a la amplitud de pensamiento en los educandos, proporcionando diversos puntos de vista a través de otros autores, diferentes a los ya conocidos y tan tradicionales Smith y Levenspiel.

El proponer un nuevo libro de texto no intenta restar importancia a las actuales obras de los mencionados autores, sino proporcionar un enfoque nuevo, un nuevo estilo más acorde con el vigente proceso educativo.

Las obras de Levenspiel y Smith continúan y continuarán siendo de gran valor como libros de texto básicos a nivel profesional, puesto que congregan en su contenido todas las cualidades necesarias para la enseñanza de la Ingeniería de Reactores. Sin embargo, la aparición de nuevas técnicas y conocimientos en el campo de esta disciplina, han hecho surgir obras más modernas con nuevas perspectivas dignas de consideración a fin de lograr el objetivo que siempre se persigue: la actualización y perfeccionamiento en la enseñanza.

Hasta aquí, conveniente es señalar que, la elección final de tal o cual libro como texto quedará siempre en manos de los profesionales de la enseñanza, en base a su criterio y ejercicio pleno de su libertad de cátedra.

CAPITULO No. 4

Parte III. PROGRAMA PROPUESTO.

En virtud de que la sociedad otorga a nuestra Facultad, una gran responsabilidad al encomendarle la formación de profesionales de la química a nivel licenciatura y posgrado, en particular, ingenieros químicos, los programas establecidos para tal carrera se han estructurado para cumplir con dicha función. Uno de estos programas académicos, corresponde a la Ingeniería Química VII, disciplina del octavo semestre, cuyo estudio comprende el diseño de reactores homogéneos.

El programa ha sido producto de una planeación educativa, la cual, no sólo es una necesidad, sino también un imperativo categorico en todo sistema educativo a nivel profesional que trata con intereses fundamentales de la juventud y de la nación.

Esta planeación, permite proporcionar a los futuros egresados una orientación firme que los conduce, a través de un trabajo bien dosificado y con un ritmo adecuado, en una progresión metódica y constructiva, a los resultados culturales y educativos, que constituyen la razón de ser de la Facultad.

Para alcanzar plenamente este objetivo primordial, resulta inconveniente la planeación inflexible; se debe evitar la uniformidad rígida en provecho de la funcionalidad. Por tal razón, en el contexto de todo proceso de planeación, la constante actualización de los estudios de licenciatura constituye la meta principal, para adecuar los planes y programas de estudio a las necesidades del continuo crecimiento del país, lográndose por consiguiente un mejoramiento de las funciones educativas y el nivel académico.

Con el objeto de realizar tal labor y contribuir a la solución de problemas de interés nacional, la Facultad ha establecido

un sistema de planeación estratégica y táctica que comprende, entre otros aspectos, la revisión y actualización integral de los contenidos en los planes de estudio y programas de las asignaturas. Dicha misión, se lleva a cabo mediante grupos o comisiones especialmente designados para coordinar tales acciones con metodología definida.

Coadyuvando con los proyectos mencionados, el presente trabajo de tesis propone innovaciones para el programa de curso de la Ingeniería Química VII, como apoyo a la estructura y productividad académicas.

La Ingeniería de Reactores Homogéneos es compleja y dinámica, por tanto, su programa de estudio debe adecuarse a los adelantos y desarrollo del conocimiento propio de la materia, así como también -al ser elemento de un todo que constituye la carrera-, a las transformaciones que se van operando en el trabajo profesional y en el mercado ocupacional, para mantener la competitividad del ingeniero químico. Por tal motivo, es necesario introducir cambios que permitan asimilar o producir nuevos conocimientos científicos y tecnológicos en el área. Este proceso, implica realizar modificaciones al currículo de esta disciplina; formular sugerencias y recomendaciones para contribuir al mejoramiento de la calidad de preparación de los futuros profesionistas. Sin embargo, ello conduce a una muy delicada situación, donde ha sido necesario ponderar el nivel y características de cada unidad por tratar en el programa propuesto, con el único objetivo de no trasponer el contexto que éstas delimitan; ni por el área de contenido temático, ni por el área del nivel de conocimientos.

Así, el compromiso adquirido para seleccionar, reestructurar

y adecuar el contenido curricular, se ha basado en primer lugar, en obtener y proporcionar un equilibrio académico que dé, tanto la formación teórica científica fundamental, base para una posterior actividad creativa, como conocimientos de aspectos prácticos que permiten identificarse con la planta productiva; y en segundo lugar, en la idea de presentar un enfoque que amplíe el énfasis industrial.

Estos dos elementos, están interrelacionados y se definen y estructuran dentro del programa en función de un determinado fin: dar el correcto nivel profesional a la materia de Ingeniería Química VII.

El programa propuesto no pretende reemplazar esfuerzos precedentes, sino que los utiliza a fin de aprovechar la experiencia existente en el desarrollo de proyectos educativos. El presente documento propone lineamientos que a mediano y largo plazo, se espera contribuyan a una mayor vinculación del proceso enseñanza-aprendizaje con el sector productivo.

Es de comprenderse que la modificación de un programa no puede ser absoluta o total. Para cualquier disciplina a nivel universitario los principios básicos -ciertos conocimientos específicos- permanecen inalterables, formando la infraestructura imprescindible de información profesional. No pueden suprimirse, en todo caso, las reformas, sugerencias o recomendaciones giran en torno suyo, a fin de lograr su conveniente adaptación a los requerimientos del presente.

El programa académico o de estudios, plan de curso, o carta descriptiva de la materia, como también suele llamarse, en general, constituye un documento cuya función es servir como medio de



comunicación entre profesores, alumnos y administradores académicos; y en particular, es una guía detallada o descripción minuciosa del curso, abrazando en una visión de conjunto toda la actividad prevista para el período lectivo. Dicho en otras palabras, es la forma operativa en que se distribuyen y abordan los contenidos seleccionados para la impartición de una disciplina académica. Todo escrito con un estilo directo, en un esquema comprensivo y esclarecedor que facilita su expresión.

A través del apoyo brindado por el programa, el profesional de la enseñanza logra motivar el aprendizaje, presentar la asignatura, dirigir las actividades de los educandos, integrar, fijar los contenidos de la materia, verificar y evaluar el rendimiento en su totalidad. El programa, como cuadro de referencias esenciales, es indispensable para la pauta y para el control de una instrucción provechosa.

El requisito para elaborar un programa de estudio, es que reúna los elementos suficientes para orientar el proceso enseñanza-aprendizaje hacia el logro de los objetivos de la carrera. En consecuencia, el programa propuesto considera la dualidad básica inherente a toda disciplina tecnológica; toma en cuenta tanto las necesidades industriales de la nación como se adecúa también a las exigencias pedagógicas y didácticas, indispensables para la impartición profesional de una cátedra de alto nivel: la Ingeniería Química VII.

Su estructuración global integra características de:

1) Unidad fundamental, haciendo convergir todas las actividades en la conquista de los objetivos pretendidos; objetivos que configuran la unidad de operación docente.

2) Continuidad, previendo todas las etapas del trabajo pautado, desde la inicial a la final.

3) Flexibilidad, de modo que permite posibles reajustes durante su desarrollo, sin quebrantar su unidad o continuidad.

El gran valor de esta flexibilidad -nota característica de la bondad de un programa- radica en que se pueden tomar medidas eficaces para atacar de frente las deficiencias, consolidar lo que esté todavía vacilante y fundar sobre el progreso real el estudio de nuevos asuntos.

4) Objetividad y realismo, esto es, el programa se fundamenta en las condiciones reales e inmediatas de lugar, tiempo, recursos, capacidad y preparación de los alumnos.

5) Precisión y claridad en sus enunciados, estilo sobrio y claro, con indicaciones exactas y sugerencias bien definidas para la labor que se va a efectuar.

En suma, el programa propuesto incorpora y proporciona las características que requiere un plan de curso para el mejor cumplimiento de sus funciones.

Asimismo, su construcción detallada y distribución lógica ha tomado en consideración todos los criterios que orientan y norman estos procedimientos, en términos que dictan las actuales ciencias de la educación. De este modo, reúne aquellos elementos indispensables que constituyen todo programa o plan de enseñanza realmente digno de tal nombre; que expresados en términos bien concretos y definidos son: título, prerrequisitos, propósitos generales, objetivos, recursos para realizar la enseñanza, las sucesivas etapas en que se desarrollarán los trabajos, el esquema esencial de la materia que se habrá de estudiar, el método aplica

ble con las respectivas técnicas y los procedimientos específicos de trabajo en clase.

Por tanto, es evidente que especificar únicamente el contenido temático del curso, no constituye el programa completo de enseñanza, dado que es apenas uno de sus componentes.

A continuación, se destacan las líneas generales que han sido adoptadas dentro del programa propuesto, en relación a cada uno de los aspectos antes mencionados:

1. Datos para la identificación o Título. En este encabezamiento, se ha consignado el nombre de la institución, el de la asignatura, los créditos y clave de la materia.

2. Prerrequisitos para tomar el curso. En esta sección se hace referencia a las disciplinas académicas que debe haber cubierto previamente el educando como requisito necesario e indispensable para el estudio de la materia, para la cual se propone la denominación de Tecnología de Reactores Homogéneos.

3. Propósitos Generales. Con un enunciado conciso, se hace la presentación formal de la materia, exponiendo en términos generales el fin que se persigue con la impartición de la misma, su razón de ser y la posición que guarda respecto a otros cursos.

4. Objetivos Terminales. Concretos y definidos, precisan lo que el alumno será capaz de hacer al término de su aprendizaje, es decir, indican los resultados prácticos a que han de llegar los educandos mediante el aprendizaje de la asignatura programada.

5. Objetivos Específicos. Expuestos en forma clara y precisa los objetivos enunciados son una derivación y particularización de los objetivos terminales. Representan metas más limitadas que se pretende que los alumnos alcancen dentro del ámbito de cada u-

nidad didáctica. Están vinculados con las adquisiciones que los educandos deben hacer o realizar, en consecuencia, se expresan en el sentido de las transformaciones a efectuar en el pensamiento de los estudiantes, en su lenguaje o expresión, en su manera de obrar y de resolver los problemas reales tratados.

6. Esquema temático esencial de la materia. La selección del temario para el programa propuesto, implicó el efectuar un proceso de reestructuración que ha consistido en retener lo realmente primordial o funcional para el estudio de la disciplina y agregar temas nuevos que contribuyan a la formación de los ingenieros químicos.

Habiéndose realizado esta operación y la reorganización del material que forma el contenido del programa, se reagruparon los tópicos de la asignatura en tomas o unidades didácticas, más comprensivas y significativas, dándoles a cada una la designación genérica que mejor las caracteriza o describe para los fines del aprendizaje.

Cada una de estas unidades constituye un curso condensado sobre un área o sector de la materia, denotando en sí un ciclo docente completo, que deberá cubrir desde la motivación inicial y la presentación del asunto, hasta la fijación de lo aprendido y la verificación de los resultados obtenidos.

Los temas extensos y complejos se dividen en subtemas, descendiendo cuando el caso lo requiere, a más subdivisiones a fin de obtener una mejor comprensión y aclaración sobre la asignatura y sus interrelaciones básicas, tratando de lograr una mayor eficacia didáctica.

7. Orientaciones Metodológicas. En el programa propuesto, se

consigna una caracterización sumaria de los métodos que pueden ser aplicados, y de los procedimientos o técnicas docentes posibles de utilizar para desarrollar y enseñar los temas o unidades programadas.

Este esbozo de la metodología docente es provisional y sólo sugestivo, pudiendo mejorarse o enriquecerse a medida que se aproxime el momento de ponerlo en práctica.

Los procedimientos aquí mencionados, pueden variarse de acuerdo con el contenido, los medios auxiliares y el tiempo disponible para cada tema o unidad del programa. De modo que, el profesor podrá precisarlos después, en forma definitiva, en su plan personal; ya que finalmente, de él depende la selección de los métodos más adecuados y eficaces de instrucción. Mediante el empleo de los cuales, logra mejorar la concentración, disminuir el olvido, eliminar la distracción y las interferencias, y establecer las técnicas de organización.

En los métodos modernos se ha tratado de incluir algunas técnicas que propician la expresión creativa de los estudiantes.

Aunque la creatividad se ha definido como una capacidad de cada persona, es factible enseñar hábitos de pensamiento que lo capaciten a ser creativo. La creatividad se puede buscar dándole a lo desconocido un carácter familiar y a lo familiar un carácter desconocido. El enemigo de la creatividad es perseverar en métodos antiguos de enfocar problemas, sobre todo cuando no resultan exitosos.

8. Experiencias de Aprendizaje. En esta parte del programa, se han indicado sugerencias sobre las experiencias de aprendizaje que podrían prepararse y conducirse, a efecto de propiciar una ma

yor comprensión y asimilación de los temas por parte de los alumnos.

Las experiencias de aprendizaje presentadas, establecen las formas o modalidades concretas de trabajo que los estudiantes pueden ejecutar, es decir, las actividades de clase o extraclase que se propone realicen los educandos durante el período escolar, en conexión con las unidades didácticas previstas por el programa.

Estas actividades podrán variar -a criterio del profesor- de un tema a otro, según la naturaleza especial de los asuntos tratados en dichos temas y de acuerdo a las posibilidades y recursos existentes en la institución.

Una de las principales actividades extraclase -a la que se presta mayor atención en el programa-, la constituyen las tareas, que implican asegurar el estudio posterior del asunto tratado como complemento del trabajo realizado en clase. Al ser la tarea la prolongación natural de la clase, para obtener una completa integración de la materia estudiada, conforma la más importante experiencia de aprendizaje para los alumnos.

Conviene señalar que también otras primordiales experiencias de este tipo, se conforman mediante las prácticas de laboratorio.

Son muy recomendables como complemento para el estudio de materias como la Ingeniería de Reactores, cuyo desarrollo y progreso depende totalmente de la experimentación.

Aunque de hecho, muchos de los métodos docentes y experiencias de aprendizaje expuestos ya habrán sido empleados, parecería innecesario incluirlos; sin embargo, la presencia de tales sugerencias se explica por dos razones:

- a) Para los profesores que se inician como tales, les resul-

ta muy útil conocer diversas formas de propiciar el aprendizaje y

b) A todos los profesores les interesa comparar las formas que han estado utilizando con otras existentes a fin de mejorarlas y superarse a sí mismo.

Finalmente, sólo resta añadir que la lista de procedimientos proporcionada no es categórica, sino simplemente ilustrativa. El personal docente siempre podrá idear otros procedimientos o experiencias de aprendizaje de acuerdo a su creatividad e ingenio.

9. Relación de Medios Auxiliares Recomendados. Cuando se suplementa y vigoriza una cátedra con esquemas, gráficas, dibujos, resúmenes, etc., se duplican los estímulos de la actividad mental.

Se recibe la información por dos vías sensoriales simultáneas: la auditiva y la visual que se complementan entre sí, contribuyendo a un aprendizaje eficaz. Dentro del programa propuesto se describen en detalle los principales medios auxiliares sugeridos para ayudar a despertar y mantener la atención de los estudiantes, para concretar hechos y conceptos, dándoles contornos de finidos, facilitando así su captación y retención.

Se dá mayor énfasis a los recursos visuales en general, porque éstos obran sobre la mente por medio del sentido de la visión, siempre integrador. Así, se recomienda el empleo de cuadros, diagramas, fotografías, transparencias, etc., para motivar a los alumnos, ilustrar situaciones, casos o aplicaciones reales que tornan más concreto el tema o la teoría enfocados, y despertar la cu riosidad.

Las proyecciones luminosas empleadas con buen criterio y adecuada técnica, son valiosos medios para informar y esclarecer, contribuyen a desempeñar mejor la función docente.

Es importante recordar, que el acopio de los recursos que forman parte esencial de los programas de curso, implica efectuar un sondeo preliminar sobre el material disponible en la institución y el existente en el mercado, de los cuales se seleccionan los que se presten mejor para ilustrar los temas o unidades objeto de estudio.

En ambos casos, tal selección tiene que ser seguida por entendimientos directos, hechos con anticipación para asegurar la obtención del material a tiempo de ser aprovechado en clase cuando llegue el momento oportuno.

En relación a los recursos existentes en el mercado, es indispensable procurar informarse acerca del material ofrecido a título de empréstito, por las instituciones oficiales, embajadas, consulados y grandes firmas comerciales. Al hojear sus catálogos se puede seleccionar con buen criterio, diapositivas y películas para enriquecer el repertorio de recursos visuales y garantizar mejores resultados en la enseñanza.

10. Bibliografía. Se señalan dentro del programa propuesto, los libros didácticos que se recomiendan como texto para el estudio de la materia. También se ha indicado la bibliografía complementaria para ser leída, resumida o reseñada por los estudiantes a criterio del profesor, ya sea individualmente o en grupos, facilitando una mayor profundización en los conocimientos.

Se proporciona información bibliográfica relativa a los temas nuevos incluidos en el programa.

11. Criterios de evaluación. El aspecto de la evaluación académica, se aborda exponiendo las formas y sistemas recomendables para determinar el grado de aprovechamiento del alumno, en



el dominio de la información adquirida.

Concretamente se proporcionan sugerencias sobre cómo, cuándo y con qué propósito se harán las evaluaciones en el curso. Sugerencias que amplían las posibilidades de elección, aunque no sea más que por el contraste que se haga entre los procedimientos seguidos y los propuestos.

Para señalar el cómo, se indican las diferentes formas de evaluación aplicables según el caso requerido.

En lo correspondiente al cuándo, se ha marcado el momento en que cada examen puede ser llevado a cabo. Es decir, el momento decisivo para el aprendizaje, aquél punto del programa en que es necesaria una retroalimentación, así como el efectuar un balance antes de continuar.

Finalmente, se hace referencia al propósito de la evaluación en la medida del objetivo específico que puede lograrse con ello.

Con lo anterior, no se pretende insinuar que la lista de criterios y procedimientos proporcionada en este programa sea exhaustiva; por el contrario, es el resultado del esfuerzo por seleccionar los de mayor relevancia para la tarea de evaluación.

Como siempre, la experiencia en la aplicación de dichos criterios, aporta y aportará juicios de valor para identificar aquellos que son más pertinentes y operativos.

12. Elementos de Operación. Última sección de este programa propuesto, donde se sugiere o recomienda proporcionar información que habitualmente se ignora o se conoce hasta el último momento.

Información considerada muy útil para quienes imparten el curso. Aunque contiene datos que pueden cambiar durante cada período lectivo, esta pequeña dificultad puede ser superada si la

sección se suministra como un documento anexo al resto del programa.

Todos los elementos y directrices o lineamientos anteriormente considerados, han facilitado el marco de referencia para la presentación del programa propuesto. A continuación, figura dicho programa, en el cual se distribuyen en adecuado orden didáctico los datos esenciales, haciendo resaltar su concatenación y relativa subordinación de unos a otros, y poniendo de relieve aquellos aspectos menos conocidos pero importantes.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES

Programa de Asignatura  
TECNOLOGIA DE REACTORES HOMOGENEOS

Creditos:

Clave:

REQUISITOS: Termodinámica. Fisicoquímica VII. Cálculo Diferencial e Integral. Ecuaciones Diferenciales.

PROPOSITOS GENERALES:

Dentro de la carrera de Ingeniería Química, la disciplina Tecnología de Reactores Homogéneos, tiene como finalidad proporcionar al futuro profesional, los fundamentos sobre el estudio, diseño y operación de reactores químicos. Se pretende que, como resultado del curso, el alumno cuente con los elementos básicos de carácter teórico y técnico sobre la materia, que le permitan su aplicación real y práctica en la industria de proceso.

Esta asignatura constituye un curso introductorio, preparativo, además de antecedente necesario para el estudio posterior de catálisis y diseño de reactores heterogéneos; temas que conforman el curso subsiguiente.

OBJETIVOS TERMINALES:

- Al concluir el aprendizaje de la materia, el educando podrá:
1. Desarrollar íntegramente el diseño de un reactor químico.
  2. Emplear los métodos descritos en diversos casos prácticos de actualidad.
  3. Estructurar una visión de conjunto sobre la ingeniería de reactores, la cual le facilitará relacionar y organizar en un

todo coherente, los aprendizajes que resulten de su práctica cotidiana y de la consulta a los textos y manuales especializados.

4. Participar con sus ideas generadas por la adquisición de nuevos conocimientos, en el fortalecimiento de la capacidad nacional para comprender y fomentar avances científicos y tecnológicos, relativos a la ingeniería de reactores e incorporarlos al desarrollo del país.
5. Adaptarse a los cambios que se operan en la industria química de nuestra época.
6. Poseer no solamente la información relacionada con las técnicas de diseño, sino también la relativa a los aspectos de economía, mecánicos, de seguridad, y otros comprendidos en las actividades propias de la profesión.
7. Contribuir con sus conocimientos al incremento de la producción en los diversos sectores del área química.
8. Reflexionar acerca de todos y cada uno de los problemas que pueden surgir en el ejercicio de la especialidad y emplear activamente su inteligencia para resolverlos por sí mismo.

#### OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- a) La motivación de los alumnos para el aprendizaje de la tecnología de reactores será una preocupación constante a lo largo del curso.
- b) Orientarlos hacia el estudio y el modo de estudiar la ingeniería de reactores, para obtener su dominio.
- c) Hacer que el alumno logre compenetrarse cabalmente con el significado que representa, la aplicación de la Termodinámica y las leyes de la Cinética, en el desarrollo de la ingeniería

de reactores.

- d) Conseguir que adquiriera el caudal básico de información sobre el tratamiento teórico de la Cinética Química.
- e) Desarrollar en el educando capacidades analíticas en relación al conocimiento de técnicas e interpretación de datos cinéticos experimentales.
- f) Que el estudiante comprenda la fenomenología que rige los sistemas complejos de reacción, así como el exámen de sus expresiones de velocidad.
- g) La formación de la habilidad específica de análisis, cálculo de diseño y operación de los diferentes tipos existentes de reactores, y la comprensión de los problemas que surgen de la aplicación de la teoría del reactor químico.
- h) Proporcionar la integración de conocimientos que permitan comparar y establecer diferencias entre reactores reales e ideales.
- i) Establecer la importancia y función del reactor como equipo principal en las plantas de proceso, y su dependencia de factores económicos, mecánicos, etc.
- j) Destacar los primordiales aspectos y problemas dentro del campo de trabajo, que afrontará el ingeniero químico recién egresado.
- k) Lograr que las experiencias y conocimientos adquiridos por los educandos, se integren de tal modo que se armonicen tradición e innovación.

## ESQUEMA TEMATICO.

### TEMA 1

#### PRINCIPIOS ESENCIALES Y SU CONSIDERACION EN LA INGENIERIA DE REACTORES

- A. Importancia de la Termodinámica y Cinética Química en la ingeniería de reactores.
- B. Acción y limitaciones de la Termodinámica.
- C. El campo de la Cinética Química.
- D. Contribuciones y aplicación de estas dos importantes ramas de la Fisicoquímica al diseño de reactores químicos industriales.

### TEMA 2

#### TERMODINAMICA QUIMICA DE SISTEMAS REACTIVOS: TEORIA Y APLICACION

- A. Definición y cálculo de las principales variables y relaciones termodinámicas ( $\Delta H_p$ ,  $\Delta G$ ,  $\Delta S$ , etc.). Su variación con la temperatura.
- B. Equilibrio químico. Definición de la constante de equilibrio K. Efecto de la temperatura, presión y composición. Relación con  $\Delta G$ . Cálculo de las constantes de equilibrio. Relación entre constantes K,  $K_p$  y  $K_c$ . Cálculo de las composiciones de equilibrio en un sistema homogéneo. Efecto de la temperatura, presión y concentración en la conversión de equilibrio.
- C. Aplicaciones y Problemas.

### TEMA 3

#### CINETICA QUIMICA APLICADA

- A. Sistemas reaccionantes: Categorías de reacciones. Tipos y clasificación en cuanto a mecanismo, molecularidad, orden, condiciones de operación y número de fases.
- B. Velocidad de reacción química: Definición. Leyes de velocidad.

- Descripción matemática de la velocidad: ecuación general para reacciones homogéneas. Unidades. Relación que guardan los miembros integrantes de un sistema reactivo, expresada en términos de velocidad. Concepto de vida media.
- C. Orden y Molecularidad: Definiciones. Determinación (descripción general de métodos existentes para determinar el orden de reacción).
- D. Constante específica de reacción o constante de velocidad: Definición. Dimensiones. Efecto de la temperatura, ecuación de Arrhenius, estimación de la energía de activación.
- E. Factores que determinan la velocidad de un cambio químico: propiedad de las moléculas reaccionantes. Variación de la velocidad con la concentración (de reactivos y productos). Influencia de la temperatura. Efecto de la presión, relación entre  $k_p$  y  $k_c$ . Influjo que ejercen los catalizadores, inhibidores, la luz visible o ultravioleta, la radiación ionizante, etc.
- F. Expresiones de velocidad características para reacciones simples homogéneas, irreversibles a volumen constante y variable: formas matemáticas de velocidad y soluciones analíticas o ecuaciones generales integradas para reacciones de orden cero, primer orden, pseudo primer orden, segundo orden, tercer orden y orden fraccionario. Extensión del estudio a reacciones reversibles (introducción únicamente). Consistencia termodinámica en las expresiones de velocidad.
- G. Estimación de la velocidad en forma teórica y su determinación experimental (introducción y generalidades).
- H. Conversión y extensión de la reacción. Cálculo de las conver-

siones de equilibrio.

- I. Reacciones heterogéneas no catalíticas. Mecanismo. Factores que afectan a este tipo de reacciones. Ejemplos de reacciones industriales.
- J. Aplicación práctica a problemas.

#### TEMA 4 CINETICA MOLECULAR

- A. Predicción teórica de la velocidad química: Teorías para reacciones homogéneas. Teoría cinética de las colisiones. Teoría de las velocidades absolutas. Comparación entre las diferentes teorías de velocidad.
- B. Estudio de los mecanismos gobernantes de la cinética en sistemas reaccionantes: Ideas y principios. Investigación por métodos cinéticos. Formas activas intermedias. Deducción y establecimiento de modelos de velocidad basados en mecanismos. Tipos de esquemas de reacción. Principio cuasiestacionario. Comprobación del mecanismo. Procesos de ruptura en cadena.
- C. Ejemplos y ejercicios.

#### TEMA 5 BASES EXPERIMENTALES DE LA CINETICA QUIMICA

- A. Determinación experimental de la velocidad en sistemas reactivos: Medida de la velocidad de reacción. Métodos y técnicas básicos empleados en la obtención de datos. Métodos de muestreo. Métodos continuos. Técnica de la huella radioactiva. Técnica RMN, RES y ATD. Cromatografía de gases.
- B. Equipo para desarrollar datos de diseño: Reactores experimentales o de laboratorio. Planta piloto. Proyección de datos a escala industrial.



- C. Interpretación de información cinética: Procedimientos y técnicas esenciales en el análisis de resultados experimentales. Determinación de parámetros cinéticos. Derivación de la ecuación de velocidad a partir de datos experimentales. Método de ajuste empírico, método del semi-período de reacción. Técnica de los velocidades o concentraciones iniciales. Técnica Diferencial. Técnica Integral. Evaluación experimental de  $E_a$  y el parámetro de Arrhenius. Análisis de errores en datos cinéticos.
- D. Aplicaciones.

#### TEMA 6

##### SISTEMAS REACCIONANTES COMPLEJOS O MÚLTIPLES .

- A. Tratamiento matemático: Deducción y establecimiento de expresiones de velocidad para reacciones reversibles, reacciones competitivas, en serie o consecutivas, reacciones competitivas-consecutivas de segundo orden, reacciones paralelas reversibles e irreversibles.
- B. Efectos de la temperatura y presión.
- C. Técnicas de interpretación de datos cuando se tienen reacciones paralelas, consecutivas y reversibles.
- D. Ejercicios prácticos, principales aplicaciones.

#### TEMA 7

##### INTRODUCCION A LA TECNOLOGIA DE REACTORES QUIMICOS

- A. Aspectos generales del diseño de reactores: Objetivos básicos. Terminología empleada. Clasificación de reactores, características específicas y partes principales. Modos de operación. Reactores Idealizados.
- B. Criterios para la elección del tipo de reactor: Factores téc-

nicos que influyen en la selección. Factores químicos del proceso. Factores físicos del proceso. Factores económicos. Otros factores.

- C. Importancia y aplicación de los datos experimentales de velocidad de reacción obtenidos a nivel laboratorio y planta piloto, como datos requeridos para el diseño industrial de un reactor.
- D. Ecuaciones fundamentales para el diseño de reactores industriales: Balance general de materia. Balance general de energía.

#### TEMA 8

#### DISEÑO Y OPERACION DE REACTORES HOMOGÉNEOS

- A. Consideraciones generales: Los modelos matemáticos de reactores ideales como referencia standard para el diseño, en la práctica, de reactores industriales. Efecto de la Cinética y tipo de mezcla en el diseño.
- B. Reactores Químicos:
  - B.1 Reactor Tubular: Tipos de reactores tubulares empleados en la industria. Establecimiento de los balances de materia y energía. Análisis y Método de diseño. Ecuaciones de diseño (para sistemas reaccionantes simples y complejos). Modos de operación, Tiempo de residencia. Selectividad. Rendimiento. Efecto de la transferencia de calor. Pérdida de presión a lo largo del reactor. Diseño óptimo. Combinaciones serie y/o paralelo de reactores tubulares. Beneficios e inconvenientes derivados del uso de esta clase de reactores. Ejemplos de los principios y técnicas aplicados a problemas de importancia industrial.

- B.2 **Reactor Discontinuo:** Introducción. Operación discontinua. Obtención de las ecuaciones de balance de materia y energía. Análisis y técnica de diseño tanto para reacciones simples como complejas. Fórmulas de diseño basadas en ecuaciones de velocidad. Modos y tiempos de operación. Tiempo de reacción. Selectividad. Rendimiento. Operación óptima. Baterías de reactores discontinuos. Comparación de tamaños en sistemas de un sólo reactor. Reactor semi-intermitente. Aplicaciones y limitaciones en el empleo de reactores discontinuos. Procesos industriales de importancia comercial que utilizan este tipo de reactor.
- B.3 **Reactor Continuo Agitado:** Suposición de mezcla ideal perfecta. Efecto de la cinética y tipo de mezcla. Desarrollo de las ecuaciones de balance de materia y energía. Análisis y metodología de diseño considerando cambios químicos simples y complejos. Ecuaciones primordiales de diseño. Condiciones de operación. Efecto de las variables de diseño y operación. Tiempo de residencia. Selectividad. Rendimiento. Optimización. Batería o cascada de reactores continuos agitados: Método gráfico y algebraico de análisis y solución. Reactores en serie de igual tamaño y de tamaños diferentes. Comparación entre un reactor individual y una batería de reactores. Combinación de reactor continuo agitado y reactor tubular. Principales aplicaciones en la industria e inconvenientes. Ejemplos y Problemas.
- B.4 **Extensión del estudio en condiciones no isotérmicas para los tres tipos de reactores:** Introducción. Operación no

isotérmica. Reacciones homogéneas no isotérmicas. Estudio de reacciones simples y complejas. Velocidades de reacción y conversión en sistemas no isotérmicos. Estudio cualitativo y cuantitativo, procedimiento de diseño, ecuaciones básicas, etc., para reactor tubular, discontinuo y continuo agitado. Aplicaciones ejemplos y problemas.

- B.5 Reactores adiabáticos.
- B.6 Reactores con recirculación.
- B.7 Estudio comparativo (en cuanto a tamaño y comportamiento) de los diferentes tipos de reactores: Comparación entre reactor tubular, reactor discontinuo y continuo agitado. Criterio para reacciones simples y complejas. Comparación entre cascadas de reactores continuos agitados y tubulares. Análisis de cascadas de reactores continuos agitados bajo condiciones de estado no estacionario. Reactores de diferentes tipos en serie. Problemas de aplicación.

#### TEMA 9

##### PATRONES DE FLUJO NO IDEAL EN REACTORES QUIMICOS

- A. Comparación entre reactor idealizado y real.
- B. Función de distribución de tiempos de residencia: Interpretación y aplicación.
- C. Paradigmas de flujo no ideal: Modelo de dispersión axial. Modelo de tanques agitados en serie. Modelo de flujo segregado. Modelo de dispersión longitudinal. Modelos combinados.
- D. Mezcla de fluidos y niveles de conversión en reactores de flujo que se desvía de la idealidad.

E. Estabilidad de reactores.

F. Principales aplicaciones, ejercicios y problemas.

## TEMA 10

### CONTEXTO INDUSTRIAL

A. La tecnología de reactores en el desarrollo de la industria química: Aspecto histórico. Evolución y contribuciones. Perspectiva en el ámbito industrial. Nuevos campos de aplicación para la ingeniería de reactores.

B. Procesos Comerciales: Aplicación real del diseño de reactores. El reactor como parte medular del proceso y la producción. Función del ingeniero diseñador. Resumen de procesos industriales que han trascendido por su importancia económica y beneficio social.

C. Reactores industriales: Principales aspectos de diseño. Empresas fabricantes de reactores. Especificaciones de compra o venta para este tipo de equipo. Generalidades sobre su diseño mecánico, instrumentación y control, economía y costos. Conceptos importantes de seguridad en la operación de reactores, materiales de construcción, mantenimiento. Prevención de contaminación. Control de calidad de productos obtenidos. Programación y organización de proyectos.

D. Relaciones laborales: El ambiente de trabajo profesional. Funciones industriales que requieren de la capacidad del Ingeniero Químico. Posición del profesionista recién egresado, sin experiencia. Contratación. Remuneración. Dificultades y problemas de trabajo más frecuentes. Relaciones Humanas. Ley Federal de Trabajo. Contrato colectivo. Derecho de los trabajadores. Personal sindicalizado y de confianza. Responsabilidad,

proyección y desarrollo en los puestos de empresas industriales. Principios de supervisión. Relación del profesionista con la empresa (administración y gerencia). Relación con los obreros. Problemas interdepartamentales. Problema ocupacional. Intersustitución de profesionales químicos. Organizaciones profesionales. Perspectivas de la profesión.

## ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

En el desarrollo de esta materia académica, los métodos de enseñanza a emplear, tendientes a la acumulación de lo aprendido y la transferencia del conocimiento, pueden ser:

- a) El método expositivo, o sea la disertación formal que tiene como finalidad la instrucción.
- b) El método de discusión, conocido como el método tradicional.
- c) El método de proyectos, es decir, la investigación y realización de trabajos bajo la supervisión del maestro, ya sea individualmente o por equipos. Este método comprende resolución de problemas, presentación de informes, resúmenes, etc.
- d) El método de seminarios, asignando temas a desarrollar mediante exposición oral de los participantes.
- e) El método de simulación, suponiendo condiciones o factores hipotéticos de un problema y tratando de resolverlo en grupo.
- f) El método audiovisual, con el auxilio de grabaciones para T.V., películas, transparencias, fotografías, etc.
- g) El método de instrucción programada, apoyado en libros o aparatos de autoinstrucción, ordenando el material mediante el planeamiento de preguntas en orden creciente de dificultad, de modo sistemático, en forma lineal o ramificada, haciendo la retroalimentación con la evaluación en forma inmediata.
- h) Métodos de instrucción con el auxilio de computadoras, calculadoras, tarjetas mnemotécnicas o tarjetas de circuitos impresos de control.
- i) Método demostrativo, ejemplificando en forma práctica como se debe ejecutar un trabajo, realizar una operación o resolver un problema, ya sea:

1. Directa o personalmente.
  2. Indirecta o sustitutivamente.
  3. Por procesos mecánicos.
- j) Método del pizarrón, tan tradicional y completamente efectivo e insustituible. Principalmente se aplica para comprobar razonamientos abstractos que requieren manejar símbolos. Con tal método se puede trabajar simultáneamente con toda la clase, reforzando las explicaciones y plasmando las demostraciones con rápidos rasgos.
- k) Método de expresión creativa, propiciándola en el estudiante. Resolver problemas de modo creativo aporta una solución ingeniosa que puede considerarse más útil que las soluciones conocidas.

Muchos de estos métodos de instrucción han perdurado durante infinidad de años. En base a ellos, utilizándolos en forma independiente o combinados, pueden desarrollarse esquemas personales de procedimientos didácticos posibles de aplicar en clase.

#### EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE:

Son innumerables las posibilidades que se presentan en la enseñanza de esta asignatura para dar formas concretas al trabajo que habrán de realizar los alumnos; sin embargo, dentro de tales actividades se pueden señalar como principales:

##### I. Dentro de clase:

- Lectura silenciosa o expresiva de tal o cual tema.
- Cotejo de textos
- Solución de problemas
- Lectura de informes hechos por los educandos
- Apreciación y corrección de los mismos.



- Respuesta a un interrogatorio, que puede ser motivador, reflexivo o recapitulador.
- Ejercicios de contestación a cuestionarios preparados con propósitos definidos.
- Exposición oral y exhibición de material ilustrativo en relación a temas o aspectos indicados.
- Debates, estudio dirigido, etc.

II. Actividades extraclase: Principalmente tareas como:

- 1 Solución de series de problemas propuestos o de determinado texto.
- 2 Proyectos de diseño e investigación de determinados procesos.
- 3 Recopilación de información proveniente de revistas, colecciones de folletos, esquemas, planos, etc.
- 4 Entrevistas con industriales y gerentes de empresas de empresas de proceso y productos químicos, en las que el reactor constituye el elemento central de la producción.
- 5 Visitas de observación a industrias fabricantes de equipo (reactores).
- 6 Asistencia a conferencias, cursos, mesas redondas, conferencias, reuniones, simposios, congresos y coloquios relacionados con los temas de la asignatura.
- 7 Asistencia a centros de investigación y desarrollo de tecnología.
- 8 Preparación de sinopsis, fichas y reseñas de artículos especializados y de estudio.

Algunas de estas tareas pueden ser realizadas y presentadas

a la clase por equipos de alumnos; inclusive puede haber un certamen cada semestre para escoger los mejores trabajos presentados.

En relación al 4o., 5o., y 6o. puntos considerados, se puede señalar que esta clase de eventos podrían ser facilitados de común acuerdo con el Departamento de Relaciones Escuela-Empresa, a través de su programa "Escuela-Industria", el cual supervisa este tipo de actividades.

Hasta el momento dicho programa no cuenta con cursos o conferencias relativos a la tecnología de reactores, razón por la cual es recomendable tomar en cuenta esta proposición.

#### MEDIOS AUXILIARES:

Los recursos o medios posibles de emplear para la impartición de la materia, son :

- Cuadros, grabados, gráficas, diagramas, dibujos, fotografías, láminas y carteles sobre los distintos tipos de reactores químicos, mostrando sus partes principales. Así como también, sobre procesos donde se observe su relación con los demás equipos.
- Proyecciones luminosas:
  - a) Fijas.- diapositivas o transparencias
  - b) Animadas.- Películas didácticas, documentales, recreativas y de actualidades; en relación a procesos comerciales, ejemplificando la proyección del diseño de un reactor a la realidad del sistema productivo.
- Periódicos, revistas especializados en la materia, publi-

cados para los que ejercen la profesión de Ingeniería Química. Los artículos, ensayos e informes que se publican en estas revistas contienen una valiosa información puesta al día sobre aspectos como la tecnología de reactores, entre otros de gran interés. Son útiles para el estudio dirigido y como fuentes de información adicional para el alumno.

- Revistas y periódicos de contenido más general, que tratan de los negocios, de la industria química y de problemas industriales, de procesos y métodos, y contienen además, otras informaciones útiles relacionadas con una amplia variedad de campos de acción de la ingeniería de reactores.
- Material descriptivo sobre reactores industriales, publicado por fabricantes de equipo y de accesorios. Aunque algunos de estos materiales son preparados con fines publicitarios y para promoción de ventas, su contenido es valioso como material descriptivo para la enseñanza. Aun cuando tal literatura está dedicada a instruir al cliente, suele estar, precisamente por esto, escrita con claridad y bien ilustrada para ponderar la superioridad técnica y estructural que el fabricante ofrece.
- Hojas de instrucción que son, por su contenido, hojas de información. Cuando se dispone de estas hojas en cantidad suficiente para los alumnos, pueden ser usadas como material para estudio dirigido. Son también valiosas como material de instrucción individual.
- Hoja de tareas o de ejercicios, preparada por el profesor, complementa la enseñanza teórica. Asignan una tarea informativa y contienen preguntas y problemas para contestarse por

escrito.

BIBLIOGRAFÍA:

A) Libros de Texto.

- Hill, Charles G.  
An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design, Ed. John Wiley, 1977 (1a. edición).
- Holland, Charles D. and Anthony, Rayford G.  
Fundamentals of Chemical Reaction Engineering, Ed. Prentice Hall, 1979 (1a. edición).
- Smith, J.K.  
Chemical Engineering Kinetics, Ed. Mc Graw-Hill, 1981 (3a. edición).

B) Obras Complementarias.

- Walas, Stanley.  
Reaction Kinetics for Chemical Engineering, Ed. Mc Graw-Hill, 1959.
- Perry, Robert H. and Chilton, Cecil H.  
Chemical Engineer's Handbook, Ed. Mc Graw-Hill-Kogakusha, 1973 (sección No. 4, 22, 23 y 25)
- Blanco Alvarez, Jesús y Linarte Lazcano, Ricardo.  
Diseño de Reactores Químicos, Ed. Trillas, 1978.
- Coulson, J.M. y Richardson, J.F.  
Chemical Engineering, Vol. 3, Ed. Pergamon Press, 1979.
- Butt, John B.  
Reaction Kinetics and Reactor Design, Ed. Prentice Hall, 1980.

- Ludwig, Ernest.  
Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Vol. 1, Ed. Gulf Publishing, 1977.
- Considine, Douglas y Ross, S.D. (editores).  
Manual de Instrumentación Aplicada, Ed. CECSA, 1982.
- Peters, M. S. and Timmerhaus, K.D.  
Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Ed. Mc Graw-Hill, 1968.
- Handley, William.  
Manual de Seguridad Industrial, Ed. Mc Graw-Hill, 1980.
- Brownell, E. and Young, E.H.  
Process Equipment Design, Ed. John Wiley, 1959.
- Beveridge, G.S. and Schechter, R.S.  
Optimization: Theory and Practice, Ed. Mc Graw-Hill-Kogakusha, 1970.
- Giral, José y González, Sergio.  
Tecnología Apropiada, Ed. Alhambra, 1980.
- Johnston, W.F. and Thring, M.  
Pilot-plant, Models and Scale-Up Methods in Chemical Engineering, Ed. Mc Graw-Hill, 1957.
- Bailón, Rosalío.  
Legislación Laboral, Ed. Limusa, 1984.
- Asociación Nacional de la Industria Química.  
Directorio de Empresas, Productos y Servicios, Ed. ANIQ, publicación anual.

## CRITERIOS DE EVALUACION:

Para comprobar el grado de conocimiento teórico o la habilidad para aplicar conocimientos técnicos informativos, la evaluación del curso podrá efectuarse en base a:

- Exámenes escritos, que pueden ser pruebas de tipo ensayo, tipo objetivo -como las de preguntas con respuesta única-, opción múltiple, de complementación, de identificación, de ordenación, de falso y verdadero.

Condiciones de la evaluación: Se permite el uso de manuales, textos, apuntes tablas o gráficas y calculadoras, et cétera.

- Evaluación por exposición oral de temas.
- Calificación por trabajos de investigación.
- Calificación por tareas (problemas y tareas de otro tipo).
- Exenciones de exámen final con calificación de 8 en adelante, etc.

Los exámenes parciales, se efectuarán al concluir cada unidad temática, excepto cuando el tema sea extenso, se realizará una evaluación que comprenda la mitad del mismo. Existirá un exámen final para los promedios menores a la calificación de 8.

Los cinco puntos anteriormente considerados pueden constituir una parte de la calificación total, la otra parte puede conformarse por la obtenida en prácticas de laboratorio.

El propósito de las evaluaciones a través de pruebas escritas y criterios mencionados, será principalmente el de medir el dominio del material aprendido, el grado de aprovechamiento del alumno; sin embargo, podrán efectuarse exámenes adicionales para lograr otros propósitos, como por ejemplo:

- Prueba previa, como medio para juzgar el nivel del alumno.
- Prueba para diagnosticar las dificultades del aprendizaje
- Pruebas como recurso para conocer los resultados de cierta enseñanza específica.
- Pruebas como estándares de realización, etc.

La forma definitiva de los exámenes, sólo podrá ser elaborada en la víspera de su aplicación, con el fin de incorporar todos los datos que realmente debieron aprender los educandos.

#### ELEMENTOS DE OPERACION:

- A) Disposiciones Generales. (Recomendaciones, acuerdos y asuntos que el jefe de departamento, la comisión que elabora el programa o la asamblea de profesores consideren necesario comunicar a quienes imparten o cursan la asignatura).
- B) Inventario de recursos. (Lista de recursos didácticos disponibles en la institución para docentes y estudiantes, en relación a la materia de estudio. Igualmente un informe de los servicios y equipo que se ofrece de acuerdo a los medios auxiliares).
- C) Costo. (Información relativa al costo que representa para la institución impartir el curso, según las condiciones que señale el programa. Es un dato útil para quienes administran y dirigen la institución e interesante para toda persona relacionada con tal documento).
- D) Procedimiento de Revisión. (Secuencia de pasos a seguir para revisar, actualizar y modificar lo que se indica en el programa. El propósito es hacer observaciones perti-

mentos, manteniendo vigente el programa, que esté actualizado en su contenido y en sus procedimientos).

E) Cronograma. (Itinerario propuesto para el desarrollo de las partes del programa, o sea, previsión de la secuencia de operaciones con especificación de los tiempos a que estarán sujetas.

Esta escala cronométrica no es rígida, sirve únicamente como indicación aproximada del tiempo del que se podrá disponer para explicar cada punto o elemento del tema o para emplear los procedimientos didácticos convenientes, como motivación inicial, interrogatorio, etc. Así, en el cronograma deben figurar las horas reservadas para cada unidad didáctica. Tal distribución de tiempo para la marcha del programa, permite conseguir que ese total de horas reservadas sea aprovechado hasta el máximo, de modo que se pueda atender a lo esencial del mismo en un ritmo normal de trabajo, sin dilaciones ni precipitaciones. Cabe señalar que el total de clases reservadas para estudiar cada unidad, será variable dependiendo de tres criterios:

- a. La relativa importancia de los temas.
- b. La extensión o cantidad de contenido.
- c. El grado de dificultad de cada unidad o tema.

En la medida de lo posible, se debe precisar también en el cronograma, el calendario de las principales actividades relacionadas con el curso: iniciación y fin de cursos, juntas de los profesores, suspensión de labores, etc.



Para la elaboración de este programa propuesto, ha sido imprescindible tomar en cuenta la evolución, las características y el desarrollo que ha manifestado la ingeniería de reactores, tanto en el ámbito académico como en el industrial; porque sin este requisito, el programa carecería de base.

La correcta adecuación del mismo a las exigencias actuales en materia de educación, ciencia y tecnología, ha requerido el incorporarle elementos que le confieren propósitos específicos:

- Servir como instrumento que coadyuve al análisis de alternativas conceptuales, metodológicas y operativas.
- Tratar de elevar el nivel de preparación del profesional en formación, para que contribuya a la ampliación de la planta productiva con capacidad creativa.
- Satisfacer las demandas del futuro egresado, en relación a conocimientos que necesita adquirir para un mejor desenvolvimiento en el campo profesional.
- Proporcionar una orientación más apropiada a los requerimientos de nuestra industria.

La flexibilidad, caracteriza al programa propuesto, puede adaptarse a las circunstancias imperantes del momento de aplicación. A simple vista, puede parecer extenso, sin embargo, su estructura sigue un ordenamiento que permite, dependiendo de la preparación -evaluada al inicio del curso- de los educandos procedentes del nivel previo, omitir o no las tres primeras unidades y dar comienzo al curso con el tema No. 4. En todo caso, estas unidades pueden formar un cuadro de repaso o servir de guía a los estudiantes para saber en detalle que conocimientos son necesarios como prerrequisito.

Asimismo, esta flexibilidad se refleja en la organización del material de su contenido, cada tema es una unidad simple en sí misma. Por lo tanto, es posible reestructurarlas, adaptarlas o ampliarlas de acuerdo a las necesidades.

Por su generalidad, los lineamientos o directrices expuestos y los métodos descritos, facilitan su empleo en situaciones diversas. Pueden ser seguidos con un amplio margen de posibles interpretaciones concretas, permitiendo la pluralidad de enfoques o puntos de vista basados en el criterio y libertad de cátedra del personal docente. Por eso, no se circunscribe a un modelo fijo, sino que pretende promover y estimular la generación de ideas educativas.

Cabe mencionar que los temas incluidos en el programa propuesto, tratan de dar respuesta a necesidades manifiestas en la problemática de perfeccionar y modernizar la educación actual del ingeniero químico. En razón a esto, se considera importante que en disciplinas de los últimos semestres, como la Ingeniería Química VII, materias con las que culmina la formación profesional, se proporcione aspectos importantes para el desempeño de las funciones de producción y operación de plantas, -pero que, generalmente no se suelen impartir en las universidades, y un panorama del ambiente laboral.

De lo anterior se desprende que, el programa, incluya el último tema, cubriendo información relativa a tales aspectos, reforzando la débil preparación en estas cuestiones y complementando la educación recibida.

Sin duda, dichos temas ya han estado en mente de los docentes debido a su amplia experiencia en el campo de trabajo, pero

tal vez, factores internos o externos que afectan la política institucional e impedimentos de carácter burocrático no han permitido que la voz de tal experiencia sea escuchada completamente, limitando el mejoramiento de las funciones de docencia.

Aprovechando la oportunidad que representa este trabajo de tesis para exponer sugerencias, una de ellas precisamente es, el que se considere lo indispensable de su incorporación en los programas y planes.

Es de comprenderse que tópicos como el de Relaciones Laborales y todas las facetas que involucra, no sea posible estudiarlos con la profundidad requerida dentro del programa, se debe dar preferencia a lo primordial de la disciplina académica. En consecuencia, se recomienda:

- a) Que al impartir la asignatura, se presente únicamente una visión general del asunto.
- b) Que lo concerniente a las relaciones laborales forme parte del plan de estudios, como otra materia obligatoria
- c) Que su estudio se integre como una materia optativa.

**CAPITULO No. 5 .**

**PLANES DE ESTUDIO DE LAS UNIVERSIDADES E  
INSTITUTOS TECNOLOGICOS QUE IMPARTEN LA  
CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA**

La educación superior en el área de la Ingeniería Química en México, se realiza a través de Universidades o Institutos Tecnológicos de diversa índole que en su conjunto pueden clasificarse como instituciones públicas o privadas, autónomas o estatales. Estas instituciones, aunque distintas por su régimen legal, constituyen unidades sistémicas cuya misión, además de ejercitar la investigación, renovar el conocimiento y extender los beneficios de la cultura, es formar recursos humanos con capacidad profesional, como ingenieros químicos, para que participen activamente en el funcionamiento del sistema productivo.

Para tal fin, elaboran y aplican programas y planes de estudio, los cuales son llevados a efecto a través de los servicios de docencia que se integran en ciclos lectivos anuales, semestrales, y aún tetramestrales, pero los más comunes son los dos primeros. Las propias escuelas superiores han establecido la conveniencia de los ciclos lectivos semestrales sobre las anualidades, como medio para propiciar la renovación en la enseñanza y en los sistemas de evaluación. Todavía existen algunos colegios profesionales que siguen el ciclo anual, aunque éste tiende a desaparecer.

Tal variedad de modalidades educativas redunda a su vez en una diversidad de estructuras académicas, formas de organización y evaluación de las actividades de enseñanza, duración de la carrera y procedimientos para la titulación.

Empero, aunque todos los centros superiores difieren en cuanto al particular enfoque sobre el cuadro de formación profesional para el ingeniero químico, se hallan articulados de modo que sus funciones y organización se circunscriben al mismo contexto: el

sistema de educación superior, el cual está regido en primer término por el Artículo Tercero Constitucional y la Ley Federal de Educación; y secundado por la Ley para la Coordinación de la Educación superior y el Plan Nacional de Educación Superior. Estos preceptos sientan las bases tanto para la reglamentación interna, como para la relación externa con otras instituciones similares y demás niveles educativos.

Los factores que intervienen o influyen en la problemática de la educación superior son dinámicos o cambiantes por lo que, para llegar a tener su actual estructura, los planes de estudio siempre se han sometido a modificaciones, que responden a las propuestas de los Consejos Técnicos en función de necesidades de tipo académico, social e industrial. Sin embargo, la situación no es similar en todas las instituciones, por lo que en algunas subsisten planes y programas de estudio desde hace varios años, mientras que en otras los cambios se suceden progresivamente. Esta secuencia de cambios permite entrever la preocupación de directivos y docentes por acoplar la educación superior en el área de la Ingeniería Química a la realidad del presente, tomando en cuenta las necesidades concretas del desarrollo local, regional y nacional. Sólo así, con base en la ampliación de los conocimientos, se logra alcanzar mejores resultados en la organización académica, la identificación de objetivos y la concordancia de planes y programas de estudio.

Y ya que se habla de planes de estudio, conviene en este momento destacar su importancia, función y propósitos para los cuales se proyecta.

El plan de estudios es un conjunto de contenidos seleccionados que permite alcanzar los objetivos curriculares, así como también, la organización y secuencia en que deben ser abordados dichos contenidos, su importancia relativa y el tiempo previsto para su aprendizaje. En otras palabras es una construcción conceptual destinada a guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje organizadamente. Los resultados de su aplicación permiten confirmar si este instrumento educativo que se ha diseñado es efectivo o por el contrario, necesita ser modificado o inclusive, sustituido.

Los planes de estudio sirven como medios de información a los educandos, profesores y administradores. Comunican:

- a) Aquello sobre lo que han de aprender los alumnos durante todo el proceso determinado de enseñanza-aprendizaje.
- b) El orden que se deberá seguir dentro de este proceso, o las opciones que tiene el estudiante en cuanto al orden a seguir.

El plan de estudios se caracteriza por su generalidad. Dice, por ejemplo, lo que el educando aprenderá sobre Ingeniería Química (entre otras cosas) durante un cierto tiempo, pero no especifica sobre qué aspectos concretos de dicha disciplina va a tratar, es decir, el plan de estudios es una descripción general de lo que ha de ser aprendido, y por tanto, se complementa con las descripciones minuciosas contenidas en los programas de estudio o cortas descriptivas de la materia.

En la elaboración de los planes de estudio, se realizan tres tareas fundamentales:

- 1.- La selección de los contenidos. Consistente en elegir,

de entre todos los posibles objetos de aprendizaje, aquellos que son pertinentes para el logro de los objetivos curriculares que han sido previamente formulados.

2.- El establecimiento de objetivos. Esto es, enunciados generales con los cuales se describe la clase de conducta que adquirirán los alumnos en relación a los contenidos seleccionados para el plan.

3.- La estructuración de los cursos del plan de estudios. Ello implica establecer los cursos mediante los cuales se propiciará el alcanzar los objetivos, así como la secuencia a seguir.

Cada curso es la unidad fundamental o elemental del plan, y puede tener una de las siguientes funciones:

- a) Facilitar el logro de un objetivo particular.
- b) Ser el medio para llegar a varios objetivos particulares que han sido agrupados por ser afines.
- a) Contribuir al alcance, junto con otros cursos, de un objetivo particular que ha originado varios de ellos.

La naturaleza de cada curso depende del objetivo o los objetivos para lo que es medio, y de consideraciones de orden pedagógico, lógico, psicológico, epistemológico y administrativo, principalmente. Según el hincapié que se hace en algunos de estos aspectos, resultan diversos tipos de cursos y de estructuraciones en los planes de estudio, de las que cabe destacar las siguientes por ser identificables en instituciones de educación superior de nuestro país:

I. El plan de estudios organizado por disciplinas: cada uno de los cursos se refiere a una disciplina o a una parte de ella;



facilita la integración del aprendizaje de las diferentes disciplinas, estableciendo una secuencia lógica entre los cursos a partir de las relaciones existentes en los conocimientos.

II. El plan de estudios integrado por áreas: en cada uno de los cursos el educando encuentra contenidos provenientes de diversas disciplinas, relacionados entre sí, para facilitar una integración multidisciplinaria, o incluso interdisciplinaria.

III. El plan de estudios modular: en cada curso hay una conjunción de contenidos provenientes de diversas disciplinas, como en las áreas, pero organizados fundamentalmente en relación a un problema central para cuya solución se busca habilitar al educando. Cada curso además es en cierta medida autosuficiente, pues incluye una parte importante de sus propios prerrequisitos.

Como puede verse, estos tres tipos de planes de estudio deben sus diferencias a la forma en que se organizan los contenidos.

Pero, también, los planes pueden ser flexibles o rígidos, por la forma en que son administrados; en los primeros existe la posibilidad de que cada estudiante siga, an alguna medida, sus propias inclinaciones con los cursos que elija, lo cual contrasta con los rígidos, en los que todos los alumnos deben seguir el mismo camino y los mismos cursos, incluso con la obligación de hacer lo en el mismo tiempo.

Pese a las diferencias, todas las formas de estructuración de los planes de estudio, tienen una secuencia y organización tal que facilitan el aprender lo complejo a partir de lo simple, así como agrupan en un todo coherente, sistemático, el conjunto de aprendizajes.

Se espera que todo lo anteriormente expuesto, haya conforma-

do en la mente del lector una idea completa del trabajo implícito que tiene un plan de estudios y su significado dentro del sistema educacional.

Con ello en mente, en seguida se pone a su consideración una colección de planes de estudio para la carrera de Ingeniería Química que ofrecen las diversas instituciones de nivel superior en todo el país.

PRIMER SEMESTRE

Algebra moderna  
Química Inorgánica  
Física I  
Matemáticas I  
Bibliografía de Ingeniería Química

SEGUNDO SEMESTRE

Química Analítica I  
Física II  
Matemáticas II  
Dibujo Industrial

TERCER SEMESTRE

Química Orgánica I  
Física III  
Programación  
Matemáticas III  
Int. a la Ingeniería Química (Balance de materia y energía)  
Química Analítica II (Análisis Cuantitativo)

CUARTO SEMESTRE

Síntesis de procesos  
Química Orgánica II  
Contabilidad  
Mecánica de Sólidos  
Matemáticas IV

QUINTO SEMESTRE

Seminario de Análisis Instrumental  
Producción  
Análisis y Métodos Numéricos  
Probabilidad y Estadística  
Fenómenos de Transporte I (Ops. con Momentum)  
Matemáticas V (ecuaciones diferenciales)

#### SEXTO SEMESTRE

Higiene y seguridad Industrial  
Termodinámica de Ingeniería Química  
Fenómenos de Transporte II. (Ops. con transf. de energía)  
Laboratorio de tratamiento de minerales

#### SEPTIMO SEMESTRE

Relaciones Humanas  
Diseño de Experimentos  
Programas y Métodos Numéricos Aplicados a Ingeniería Química  
Equilibrio y Cinética  
Fenómenos de Transporte III (Difusión)  
Dinámica de Procesos y Control Lineal

#### OCTAVO SEMESTRE

Valuación de Proyectos  
Administración de Personal  
Análisis y Diseño de reactores  
Operaciones con Transferencia de Masa  
Instrumentación Industrial  
Lab. de Termodinámica Experimental

#### NOVENO SEMESTRE

Simulación Digital de Procesos  
Diseño de Ingeniería (Inventiva, Análisis y Toma de decisión)  
Laboratorio de Operaciones con Transferencia de Masa  
Control Digital de Procesos  
Optativa

#### DECIMO SEMESTRE

Diseño de Plantas Químicas  
Electroquímica y corrosión  
Ingeniería de Proyectos  
Sistemas de Potencia  
Optativa

PRIMER SEMESTRE

Física I  
Fisicoquímica I  
Matemáticas I  
Matemáticas II  
Fisicoquímica II  
Laboratorio de Ciencia Básica I

SEGUNDO SEMESTRE

Física II  
Química Inorgánica I  
Cálculo Diferencial e Integral  
Fisicoquímica III  
Análisis o Química Analítica I  
Laboratorio de Ciencia Básica II

TERCER SEMESTRE

Física III  
Ecuaciones Diferenciales  
Fisicoquímica IV  
Análisis o Química Analítica II  
Ingeniería Química I  
Química Orgánica I

CUARTO SEMESTRE

Física IV  
Estadística I  
Termodinámica Química  
Análisis o Química Analítica III  
Ingeniería Química II  
Química Orgánica II

QUINTO SEMESTRE

Física V  
Estadística II  
Fisicoquímica V

Análisis o Química Analítica IV  
Ingeniería Química III  
Química Orgánica III

**SEXTO SEMESTRE**

Ingeniería Eléctrica I  
Fisicoquímica VI  
Análisis o Química Analítica V  
Ingeniería Química IV  
Química Orgánica IV

**SEPTIMO SEMESTRE**

Ingeniería Eléctrica II  
Ingeniería Mecánica I  
Fisicoquímica VII  
Laboratorio de Momentum y Calor  
Ingeniería Química V  
Química Orgánica V  
Dibujo

**OCTAVO SEMESTRE**

Tecnología de Servicios  
Ingeniería Mecánica II  
Laboratorio de Transferencia de Masa  
Ingeniería Química VI  
Ingeniería Química VII  
Ingeniería Económica I  
Optativa

**NOVENO SEMESTRE**

Diseño de Equipo  
Ingeniería de Procesos  
Ingeniería Química VIII  
Ingeniería Económica II  
Optativa  
Optativa  
Optativa

Materias Optativas:

Azúcar I  
Azúcar II  
Aspectos Legales Industriales  
Generalidades de Fibras Naturales, Sintéticas y Artificiales  
Tintura y Acabado de Fibras  
Computación Electrónica y Programación I  
Computación Electrónica y Programación II  
Cálculo Avanzado  
Diseño de Experimentos  
Dirección de Empresas  
Fenómenos de Transporte  
Física VI  
Física, VII  
Fisicoquímica VIII  
Fisicoquímica IX  
Ingeniería Nuclear  
Instrumentación Industrial  
Investigación de Operaciones I  
Investigación de Operaciones II  
Ingeniería Ambiental I  
Ingeniería Ambiental II  
Matemáticas Superiores en Ingeniería Química  
Microbiología Industrial  
Optimización  
Papel y Celulosa I  
Papel y Celulosa II  
Plásticos y Silicones I  
Plásticos y Silicones II  
Procesos Petroquímicos  
Planeación y Desarrollo Industrial  
Química de los Materiales Cerámicos  
Química Cuántica  
Relaciones Humanas  
Seguridad Industrial  
Simulación de Procesos I

Simulación de Procesos II  
Tecnología de Fibras Químicas  
Tecnología de Alimentos  
Tecnología de Materiales  
Tecnología Nuclear  
Tratamiento de Aguas  
Unión Química



Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Básicas

e Ingeniería.

Primer Nivel: Tronco General

PRIMER TRIMESTRE

Física I  
Matemáticas I  
Química I

SEGUNDO TRIMESTRE

Física II  
Matemáticas II  
Química II

TERCER TRIMESTRE

Física III  
Matemáticas III  
Química III

Segundo nivel: Tronco Básico Profesional

CUARTO TRIMESTRE

Matemáticas Aplicadas I  
Computación y Métodos Numéricos I  
Introducción a la Ingeniería Química  
Termodinámica I (Ing.)

QUINTO TRIMESTRE

Matemáticas Aplicadas II  
Computación y Métodos Numéricos II  
Mecánica de Fluidos  
Termodinámica II (Ing.)

SEXTO TRIMESTRE

Matemáticas Aplicadas III  
Probabilidad Aplicada

Fenómenos de Transporte I  
Química Orgánica I

SEPTIMO TRIMESTRE

Investigación de Operaciones  
Fenómenos de Transporte II  
Procesos de Separación I  
Química Orgánica II

OCTAVO TRIMESTRE

Diseño y Optimización  
Procesos de Separación II  
Operaciones Unitarias  
Análisis Instrumental

NOVENO TRIMESTRE

Ingeniería de Reactores Químicos I  
Estadística y Diseño de Experimentos  
Ingeniería Económica

DECIMO TRIMESTRE

Dinámica y Control de Procesos  
Ingeniería de Reactores Químicos II

Tercer Nivel: Area de Concentración

DECIMO TRIMESTRE

Laboratorio de Procesos y Diseño I

DECIMO PRIMER TRIMESTRE

Laboratorio de Procesos y Diseño II

DECIMO SEGUNDO TRIMESTRE

Laboratorio de Procesos y Diseño III

Químicas.

Area Básica

Algebra Superior I  
Cálculo I  
Cálculo II  
Cálculo III  
Probabilidad y Estadística  
Análisis Numérico I  
Mecánica I y Laboratorio  
Mecánica II y Laboratorio  
Termodinámica y Laboratorio  
Documentación y Reportes Técnicos  
Principios de los Procesos de Ingeniería  
Elementos de Dibujo en Ingeniería  
Descubrimiento de Procesos  
Química General y Laboratorio  
Principios de Ingeniería Eléctrica y Laboratorio.

Area Mayor

Matemáticas Aplicadas  
Balances de Masa y Energía, Lab. y Taller  
Fenómenos de Transporte I  
Química Inorgánica I y Laboratorio  
Química Analítica I y Laboratorio  
Química Orgánica I y Laboratorio  
Equilibrio Físico y Laboratorio  
Química Orgánica II y Laboratorio  
Ingeniería Mecánica  
Flujo de Fluidos, Laboratorio y Taller  
Transferencia de Calor, Laboratorio y Taller  
Fenómenos de Transporte II  
Cinética y Diseño de Reactores Homogéneos y Laboratorio  
Equilibrio Químico y Laboratorio  
Transferencia de Masa I y Laboratorio

Economía Industrial  
Control e Instrumentación y Laboratorio  
Transferencia de Masa II y Laboratorio  
Principios de los Reactores catalíticos  
Diseño de Plantas  
Ingeniería de Procesos

### Area Menor

El área menor es optativa, esta constituida de un mínimo de 80 créditos y puede ser especificante o complementante.

#### I. Especificante

Estas áreas menores tienen por objeto el profundizar un poco más dentro de algunas áreas de la Ingeniería Química. Se tienen tres opciones:

##### I.A. Area menor especificante en Diseño

###### Materias Obligatorias

Seguridad Industrial  
Simulación de Procesos  
Dibujo en Ingeniería Química  
Tecnología de Materiales  
Diseño de Equipos  
Plantas Piloto y Escalación  
Diseño de Procesos

##### I.B. Area menor especificante en Química Industrial

###### Materias Obligatorias

Seguridad Industrial  
Procesos Industriales Inorgánicos y Taller  
Procesos Industriales Orgánicos y Taller  
Química Analítica II y Laboratorio  
Ingeniería Ambiental y Laboratorio

##### I.C. Area menor especificante en Ingeniería Bioquímica

###### Materias Obligatorias

Seguridad Industrial

Bioquímica y Laboratorio I  
Bioquímica y Laboratorio II  
Microbiología Industrial y Laboratorio  
Operaciones Unitarias, Bioquímicas y Laboratorio

## II. Complementante

Estas áreas menores tienen el objetivo de complementar la formación de la Ingeniería Química con conocimientos afines a ella.

### II.A. Area menor complementante en administración

#### Materias Obligatorias

Introducción a la Administración

Planeación y Control

Organización

Dirección Administrativa

Elementos de Mercadotecnia

Finanzas I

Finanzas II

Materias optativas que ofrece el departamento de Ingeniería y Ciencias Químicas para completar cualquier área menor especificante o complementante:

Diseño de Experimentos

Polímeros y Plásticos y Laboratorio

Petróleo y Petroquímica y Laboratorio

Síntesis de Procesos

Manejo de Proyectos

Diseño de Plantas de Fermentación y Laboratorio.

Nota: A modo de completar los 80 créditos requeridos, se pueden llevar como optativas cualquier materia obligatoria para otra área menor especificante.

Universidad La Salle, A.C. Escuela de Química.

PRIMER SEMESTRE

Matemáticas I  
Matemáticas II  
Física I  
Fisicoquímica I  
Fisicoquímica II  
Humanidades I

SEGUNDO SEMESTRE

Física II  
Química Inorgánica I  
Fisicoquímica III  
Análisis I  
Cálculo Diferencial e Integral  
Computadoras I  
Humanidades II

TERCER SEMESTRE

Física III  
Fisicoquímica IV  
Análisis II  
Ecuaciones Diferenciales  
Ingeniería Química I  
Química Orgánica I  
Computadoras II  
Humanidades III

CUARTO SEMESTRE

Física IV  
Fisicoquímica V  
Análisis III  
Estadística I  
Ingeniería Química II  
Química Orgánica II

QUINTO SEMESTRE

Física V  
Fisicoquímica VI  
Análisis IV  
Estadística II  
Ingeniería Química III  
Química Orgánica III

#### SEXTO SEMESTRE

Física VI  
Fisicoquímica VII  
Análisis V  
Ingeniería Química IV  
Química Orgánica IV

#### SEPTIMO SEMESTRE

Ingeniería Mecánica I  
Ingeniería Eléctrica I  
Ingeniería Química V  
Fisicoquímica VIII  
Química Orgánica V  
Dibujo  
Análisis Numérico

#### OCTAVO SEMESTRE

Ingeniería Química VI  
Ingeniería Química VII  
Ingeniería Mecánica II  
Ingeniería Eléctrica II  
Economía Industrial  
Computación Electrónica y Programación (optativa)  
Dirección de Empresas (optativa)

#### NOVENO SEMESTRE

Ingeniería de Procesos  
Ingeniería Química VIII  
Economía Industrial II  
Diseño de Equipo  
Computación Electrónica y Programación (optativa)

Relaciones Humanas (optativa)  
Tecnología de Materiales



Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería

Química e Industrias Extractivas.

Ingeniería Química Industrial

PRIMER SEMESTRE

Matemáticas I  
Física I  
Química Inorgánica  
Introducción Profesional  
Análisis de Problemas  
Electiva I

SEGUNDO SEMESTRE

Matemáticas II  
Física II  
Fisicoquímica I  
Química Análítica I  
Electiva II

TERCER SEMESTRE

Matemáticas III  
Fisicoquímica II  
Balance de Materia y Energía  
Química Análítica II  
Electiva III

CUARTO SEMESTRE

Matemáticas IV  
Fisicoquímica III  
Química Orgánica II  
Fenómenos de Transferencia  
Electiva IV

QUINTO SEMESTRE

Matemáticas V  
Operaciones Unitarias I

Cinética Química y Catálisis  
Electroquímica  
Electiva V

**SEXTO SEMESTRE**

Operaciones Unitarias II  
Ingeniería de Reactores  
Resistencia Mecánica y Química de Materiales  
Economía Industrial I  
Instrumentación y Control  
Opcional I

**SEPTIMO SEMESTRE**

Operaciones Unitarias III  
Ingeniería de Procesos Químicos I  
Economía Industrial II  
Diseño de equipos químicos  
Opcional II

**OCTAVO SEMESTRE**

Operaciones Unitarias IV  
Ingeniería de Procesos Químicos II  
Economía Industrial III  
Diseño de Plantas Químicas  
Opcional III  
Opcional IV o Problema especial

**Nota:** Ver cuadros de asignaturas electivas y opcionales  
El problema especial podrá ser proporcionado al alum-  
no por el maestro, con la aprobación de un profesor  
consejero asignado al alumno.

Asignaturas electivas.

Análisis Instrumental  
Ingeniería Mecánica I  
Ingeniería Mecánica II  
Ingeniería Eléctrica I  
Ingeniería Eléctrica II

Lenguaje y Cálculo Gráficos  
Electrónica Industrial  
Teoría de Circuitos  
Humanidades  
Cálculo Avanzado

Asignaturas Optativas. Opción: Administración

Contabilidad General  
Investigación de Operaciones  
Ingeniería Industrial  
Evaluación de Proyectos  
Matemáticas VI  
Relaciones Humanas

Asignaturas Optativas. Opción: Procesos

Análisis y Simulación de Procesos  
Control de Procesos Químicos  
Corrosión  
Diseño de Procesos Químicos  
Matemáticas VI  
Optimización de Procesos

Asignaturas Optativas. Opción: Ingeniería Ambiental

Higiene y Seguridad Industrial  
Microbiología  
Tratamiento de aguas industriales  
Tratamiento de aguas de desecho  
Tratamiento de vapores y polvos de desecho

Asignaturas Optativas. Opción: Operación.

Control de Procesos Químicos  
Control de Calidad  
Higiene, Seguridad y Legislación Industrial  
Ingeniería Industrial  
Corrosión  
Relaciones Humanas

## Ingeniería Química Petrolera

---

### PRIMER SEMESTRE

Matemáticas I  
Física I  
Química Inorgánica  
Introducción Profesional  
Análisis de Problemas  
Electiva I

### SEGUNDO SEMESTRE

Matemáticas II  
Física II  
Fisicoquímica I  
Química Analítica I  
Electiva II

### TERCER SEMESTRE

Matemáticas III  
Balance de Materia y Energía  
Termodinámica I  
Análisis de Petróleo y sus Productos I  
Química Orgánica I  
Ingeniería Eléctrica Aplicada

### CUARTO SEMESTRE

Ingeniería Química I  
Termodinámica II  
Análisis del Petróleo y sus Productos II  
Química Orgánica II  
Probabilidad y Estadística

### QUINTO SEMESTRE

Ingeniería Química II  
Cinética y Catálisis I  
Tratamiento de Aguas  
Materiales de Construcción

Ingeniería Mecánica Aplicada I  
Investigación de Operaciones

SEXTO SEMESTRE

Ingeniería Química III  
Cinética y Catálisis II  
Instrumentación I  
Diseño de Equipos I  
Ingeniería Mecánica Aplicada II

SEPTIMO SEMESTRE

Ingeniería Química IV  
Cinética y Catálisis III  
Instrumentación II  
Diseño de Equipos II  
Transporte y Almacenamiento  
Ingeniería Industrial

OCTAVO SEMESTRE

Ingeniería Química V  
Procesos de Refinación I  
Procesos Petroquímicos I  
Proyecto de Plantas I  
Ingeniería Económica

NOVENO SEMESTRE

Procesos de Refinación II  
Procesos Petroquímicos II  
Proyecto de Plantas II  
Inspección de Higiene y Seguridad  
Administración  
Psicología Industrial

Universidad de Guanajuato. Facultad de Ciencias Químicas.

PRIMER SEMESTRE

Cálculo  
Algebra Lineal  
Física General  
Fisicoquímica  
Química General  
Experimentación

SEGUNDO SEMESTRE

Cálculo  
Programación e Integración a los Métodos Numéricos  
Física General  
Fisicoquímica  
Química Inorgánica  
Experimentación

TERCER SEMESTRE

Funciones de Varias Variables  
Física General  
Fisicoquímica  
Química Orgánica  
Laboratorio de Química Orgánica  
Experimentación

CUARTO SEMESTRE

Ecuaciones Diferenciales  
Cálculo Vectorial  
Mecánica  
Química Orgánica  
Química Analítica  
Laboratorio de Química Orgánica  
Laboratorio de Química Analítica

QUINTO SEMESTRE

Resistencia de Materiales  
Química Analítica

Mantenimiento y Operación de Aparatos Eléctricos  
Balance de Materia y Energía  
Laboratorio de Química Analítica

SEXTO SEMESTRE

Fenómenos de Transporte  
Fenómenos de Etapa  
Termodinámica  
Laboratorio de Ingeniería Química

SEPTIMO SEMESTRE

Flujo de Fluidos  
Humidificación y Secado  
Transferencia de Calor  
Termodinámica  
Laboratorio de Ingeniería Química

OCTAVO SEMESTRE

Dibujo  
Transferencia de Calor  
Absorción y Adsorción  
Ingeniería de la Cinética Química  
Laboratorio de Ingeniería Química

NOVENO SEMESTRE

Extracción y Destilación  
Procesos Unitarios  
Ingeniería de la Cinética Química  
Laboratorio de Ingeniería Química

DECIMO SEMESTRE

Diseño de Plantas  
Ingeniería de Costos  
Control de Procesos  
Laboratorio de Ingeniería Química

PRIMER AÑO

Química I  
Matemáticas I  
Física I  
Análisis I  
Dibujo Técnico, Cálculo Gráfico y Monografía  
Higiene y Seguridad Industriales y Primeros Auxilios  
Idiomas

SEGUNDO AÑO

Química II  
Matemáticas II  
Física II  
Análisis II  
Electricidad y Magnetismo y Principios de Electrónica  
Prácticas de Química Orgánica  
Introducción a la Ingeniería Química

TERCER AÑO

Matemáticas III  
Física III  
Fisicoquímica  
Análisis Químico Instrumental  
Operaciones Unitarias I (Teoría)  
Operaciones Unitarias I (Práctica)  
Máquinas Térmicas

CUARTO AÑO

Operaciones Unitarias II (Teoría)  
Operaciones Unitarias II (Práctica)  
Computación Aplicada a la Ingeniería Química  
Fenómenos de Transporte  
Tecnología de Procesos  
Diseño de Equipo  
Especialización I  
Optativa I



## QUINTO AÑO

Termodinámica Química  
Ingeniería Industrial  
Diseño de Reactores  
Electroquímica  
Ingeniería de Costos  
Control de Procesos  
Organización Industrial  
Optativa II

### Especializaciones

Celulosa y Papel  
Tecnología de Alimentos  
Bio-Ingeniería  
Ingeniería Administrativa  
Tecnología de Plásticos  
Ingeniería ambiental

### Optativas

Contabilidad General  
Diseño de Plantas

Universidad Autónoma de Guadalajara. Facultad de Ciencias Químicas

---

PRIMER SEMESTRE

Matemáticas I  
Matemáticas II  
Física I  
Fisicoquímica I  
Fisicoquímica II  
Laboratorio de Ciencia Básica I

SEGUNDO SEMESTRE

Química Inorgánica I  
Fisicoquímica III  
Cálculo Diferencial e Integral  
Física II  
Análisis I  
Laboratorio de Ciencia Básica II

TERCER SEMESTRE

Ecuaciones Diferenciales  
Fisicoquímica IV  
Física III  
Química Orgánica I  
Ingeniería Química I  
Análisis II

CUARTO SEMESTRE

Estadística I  
Análisis III  
Ingeniería Química II  
Física IV  
Química Orgánica II  
Termodinámica Química

QUINTO SEMESTRE

Estadística II  
Análisis IV  
Fisicoquímica V  
Ingeniería Química III

Física V  
Química Orgánica III

SEXTO SEMESTRE

Fisicoquímica VI  
Análisis V  
Ingeniería Química IV  
Ingeniería Eléctrica I  
Química Orgánica IV

SEPTIMO SEMESTRE

Ingeniería Mecánica I  
Ingeniería Eléctrica II  
Ingeniería Química V  
Fisicoquímica VII  
Dibujo  
Química Orgánica V

OCTAVO SEMESTRE

Ingeniería Mecánica II  
Ingeniería Química VI  
Economía Industrial I  
Ingeniería Química VII  
Optativas (2)  
Tecnología de Servicios

NOVENO SEMESTRE

Ingeniería de Procesos  
Ingeniería Química VIII  
Diseño de Equipo  
Economía Industrial II  
Optativas (2)

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. División de Ingeniería del Área de Ciencias Químicas.

Ingeniería Química Administrativa

PRIMER SEMESTRE

Matemáticas I  
Algebra I  
Computación Electrónica  
Química General  
Introducción a la Universidad y a la Ingeniería  
Sociología General

SEGUNDO SEMESTRE

Matemáticas II  
Algebra II  
Probabilidad y Estadística  
Termodinámica I  
Estática  
Optativa I

TERCER SEMESTRE

Matemáticas III  
Técnicas Administrativas  
Métodos Numéricos y Programación  
Dinámica  
Historia Económica y Social de México  
Optativa II

CUARTO SEMESTRE

Termodinámica II  
Procesos en plantas Químicas  
Probabilidad y Estadística II  
Ingeniería Química I  
Matemáticas IV  
Electricidad y Magnetismo

#### QUINTO SEMESTRE

Química Analítica  
Fisicoquímica I  
Química Orgánica I  
Ingeniería Química II  
Ingeniería Industrial  
Optativa

#### SEXTO SEMESTRE

Programación Lineal  
Ingeniería de Métodos  
Química Orgánica II  
Sistemas de Producción I  
Ingeniería Química III  
Optativa

#### SEPTIMO SEMESTRE

Operaciones Unitarias  
Ingeniería del Diseño  
Economía  
Ingeniería Química IV  
Investigación de Operaciones  
Optativa

#### OCTAVO SEMESTRE

Ingeniería Química V  
Sistemas de Producción II  
Economía Industrial  
Costos  
Ingeniería Ambiental  
Optativa

## Ingeniería Química en Proceso

---

### PRIMER SEMESTRE

Química General I  
Matemáticas I  
Algebra I  
Computación Electrónica I  
Introducción a la Universidad y a la Ingeniería  
Sociología General

### SEGUNDO SEMESTRE

Estática  
Matemáticas II  
Algebra II  
Termodinámica I  
Probabilidad y Estadística I  
Optativa I

### TERCER SEMESTRE

Dinámica  
Matemáticas III  
Métodos Numéricos y Programación  
Química Analítica I  
Historia Social y Económica de México  
Optativa II

### CUARTO SEMESTRE

Electricidad y Magnetismo  
Matemáticas IV  
Probabilidad y Estadística II  
Termodinámica II  
Ingeniería Química I  
Procesos en Plantas Químicas

### QUINTO SEMESTRE

Ingeniería Química II  
Química Orgánica I

Química Analítica II

Fisicoquímica I

Optativa III

Optativa IV

#### SEXTO SEMESTRE

Ingeniería Química III

Química Orgánica II

Fisicoquímica II

Ingeniería Ambiental

Fisicoquímica III

Optativa V

#### SEPTIMO SEMESTRE

Ingeniería Química IV

Ingeniería del Diseño I

Investigación de Operaciones

Economía

Operaciones Unitarias I

Optativa VI

#### OCTAVO SEMESTRE

Ingeniería Química V

Economía Industrial

Ingeniería del Diseño II

Operaciones Unitarias II

Ingeniería Mecánica Y Eléctrica

Optativa VII

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Escuela de In  
geniería Química

**PRIMER AÑO**

Química Inorgánica  
Análisis Químico I  
Física  
Matemáticas I  
Dibujo Industrial  
Fisicoquímica I  
Introducción a la Química  
Bibliografía, Traducción y Redacción de Informes

**SEGUNDO AÑO**

Matemáticas II  
Química Orgánica I  
Análisis Químico II  
Fisicoquímica II  
Principios de Ingeniería Química  
Ingeniería Mecánica  
Ingeniería Eléctrica I  
Mediciones Industriales

**TERCER AÑO**

Matemáticas III  
Química Orgánica II  
Operaciones Unitarias I  
Ingeniería Eléctrica II  
Resistencia Mecánica y Química  
Equilibrio Químico  
Economía Industrial  
Análisis Químico III

**CUARTO AÑO**

Operaciones Unitarias II  
Ingeniería Mecánica II



Procesos Unitarios I  
Economía Industrial II  
Diseño I ( Equipo)  
Instrumentación Industrial  
Cinética Química

QUINTO AÑO

Operaciones Unitarias III  
Procesos Unitarios II  
Economía Industrial III  
Legislación Industrial  
Seguridad Industrial  
Diseño II (Equipo)  
Diseño de Plantas Industriales  
Electroquímica  
Materia electiva

Universidad Autónoma de Nayarit. Escuela Superior de Ingeniería

Química Industrial

PRIMER SEMESTRE

Química I  
Física I  
Matemáticas I  
Análisis Cualitativo I  
Introducción a la Ingeniería Química

SEGUNDO SEMESTRE

Química II  
Física II  
Matemáticas II  
Análisis Cualitativo II  
Estática Aplicada

TERCER SEMESTRE

Química III  
Física III  
Matemáticas III  
Fisicoquímica I  
Análisis Cuantitativo I  
Dinámica Aplicada

CUARTO SEMESTRE

Química IV  
Física IV  
Matemáticas IV  
Fisicoquímica II  
Análisis Cuantitativo II  
Resistencia de Materiales

QUINTO SEMESTRE

Física V  
Matemáticas V  
Síntesis Orgánica I

Ingeniería Química I  
Dibujo Industrial I  
Fisicoquímica III

**SEXTO SEMESTRE**

Física VI  
Matemáticas VI  
Síntesis Orgánica II  
Ingeniería Química II  
Dibujo Industrial II

**SEPTIMO SEMESTRE**

Ingeniería Química II  
Ingeniería Eléctrica I  
Dibujo Industrial III  
Análisis Industrial y Esp. I  
Ingeniería de Métodos I  
Especialización

**OCTAVO SEMESTRE**

Ingeniería Química IV  
Ingeniería Eléctrica II  
Dibujo Industrial IV  
Análisis Industrial y Esp. II  
Ingeniería de Métodos II  
Especialización II

**NOVENO SEMESTRE**

Balance de Materias y Energía I  
Especialización III  
Ingeniería Térmica  
Ingeniería Eléctrica III  
Organización Industrial  
Ingeniería Química IV

**DECIMO SEMESTRE**

Balance de Materias y Energía II

**Control de Calidad y Producción**  
**Higiene y Seguridad Industrial**  
**Legislación Industrial**  
**Contabilidad Industrial**

PRIMER SEMESTRE

Matemáticas I  
Algebra  
Física I  
Prácticas de Física I  
Química I  
Prácticas de Química I

SEGUNDO SEMESTRE

Matemáticas II  
Física II  
Prácticas de Física II  
Química II  
Prácticas de Química II  
Algebra Lineal  
Análisis Cualitativo

TERCER SEMESTRE

Cálculo Avanzado  
Física III  
Prácticas de Física III  
Fisicoquímica I  
Prácticas de Fisicoquímica I  
Ingeniería Mecánica  
Dibujo de Ingeniería  
Prácticas de Análisis Cualitativo

CUARTO SEMESTRE

Ecuaciones Diferenciales  
Física Moderna  
Fisicoquímica II  
Prácticas Fisicoquímica II  
Análisis Cuantitativo  
Prácticas de Análisis Cuantitativo  
Programación

#### QUINTO SEMESTRE

Métodos Numéricos  
Fisicoquímica III  
Prácticas de Fisicoquímica III  
Química Orgánica I  
Prácticas Química Orgánica I  
Termodinámica  
Balance de Materia y Energía  
Prácticas de Balance de Materia y Energía

#### SEXTO SEMESTRE

Mecánica de Fluidos  
Prácticas de Mecánica de Fluidos  
Ingeniería Eléctrica  
Prácticas de Ingeniería Eléctrica  
Química Orgánica II  
Prácticas de Química Orgánica II  
Elementos de Contabilidad y Costos  
Administración General de Empresas  
Probabilidad y Estadística

#### SEPTIMO SEMESTRE

Transferencia de Calor  
Prácticas de Transferencia de Calor  
Procesos Unitarios  
Plantas de Energía  
Ingeniería Económica  
Tecnología de Materiales  
Seminario I de Ingeniería Química

#### OCT.VO SEMESTRE

Transferencia de Masa  
Prácticas de Transferencia de Masa  
Diseño de Plantas Químicas I  
Diseño de Reactores  
Relaciones Industriales  
Tecnologías de Procesos  
Seminario II de Ingeniería Química

**NOVENO SEMESTRE**

**Operaciones Difusionales**

**Prácticas de Operaciones Difusionales**

**Diseño de Plantas Químicas II**

**Dinámica y Control de Procesos**

**Ingeniería de la Planta**

**Ingeniería Industrial**

**Seminario III de Ingeniería Química**

Universidad Regiomontana. División de Ingeniería

Ingeniería Química

PRIMER SEMESTRE

Algebra Superior  
Cálculo Diferencial  
Química I  
Dibujo I  
Introducción a la Ingeniería  
Metodología de las Ciencias Exactas

SEGUNDO SEMESTRE

Cálculo Integral  
Química II  
Mecánica  
Calor y Fluidos  
Antropología Social  
Tecnología de Materiales I

TERCER SEMESTRE

Cálculo Integral Avanzado  
Electricidad y Magnetismo  
Estadística I  
Programación  
Química Análítica I

CUARTO SEMESTRE

Ecuaciones Diferenciales  
Teoría de la Administración  
Métodos numéricos  
Termodinámica I  
Química Análítica II  
Balance de Materia Y Energía

QUINTO SEMESTRE

Termodinámica II  
Mecánica de Fluidos I



Teoría de la Contabilidad  
Fenómenos de Transporte I  
Fisicoquímica I  
Química Orgánica I

SEXTO SEMESTRE

Fenómenos de Transporte II  
Transmisión del Calor  
Fisicoquímica II  
Química Orgánica II

SEPTIMO SEMESTRE

Valuación de Proyectos  
Transferencia de Masa I  
Diseño de Reactores  
Procesos Unitarios  
Derecho de Trabajo

OCTAVO SEMESTRE

Transferencia de Masa II  
Relaciones Industriales  
Tecnología de Procesos  
Diseño de Plantas Químicas  
Derecho de la Seguridad Social

## Ingeniería Química Administrativa

---

### PRIMER SEMESTRE

Algebra Superior  
Cálculo Diferencial  
Química I  
Dibujo I  
Introducción a la Ingeniería  
Metodología de las Ciencias Exactas

### SEGUNDO SEMESTRE

Cálculo Integral  
Química II  
Mecánica  
Calor y Fluidos  
Antropología Social  
Tecnología de Materiales I

### TERCER SEMESTRE

Cálculo Integral Avanzado  
Electricidad y Magnetismo  
Química Analítica I  
Programación  
Estadística I

### CUARTO SEMESTRE

Ecuaciones Diferenciales  
Teoría de la Administración  
Métodos Numéricos  
Termodinámica I  
Química Analítica II  
Balance de Materia y Energía

### QUINTO SEMESTRE

Fenómenos de Transporte I  
Termodinámica II  
Mecánica de Fluidos I

Química Orgánica I  
Fisicoquímica I  
Estadística II

SEXTO SEMESTRE

Transmisión del Calor  
Teoría de la Contabilidad  
Programación Matemática  
Química Orgánica II  
Fisicoquímica II  
Fenómenos de Transporte II

SEPTIMO SEMESTRE

Transferencia de Masa I  
Investigación de Operaciones  
Procesamiento de Datos  
Producción I  
Costos  
Diseño de reactores

OCTAVO SEMESTRE

Valuación de Proyectos  
Relaciones Industriales  
Producción II  
Procesos Unitarios  
Ingeniería de Sistemas  
Fundamentos de Economía  
Transferencia de Masa II

NOVENO SEMESTRE

Producción III  
Tecnología de Procesos  
Mercadotecnia  
Finanzas de las Empresas  
Control de Calidad  
Derecho de Trabajo

**DECIMO SEMESTRE**

**Diseño de Plantas Químicas**

**Derecho de Seguridad Social**

**Temas Selectos de Administración**

**Seminario de Ingeniería Industrial**

**Investigación de Mercados**

**Seminario de Relaciones Industriales**

Universidad de Monterrey. División de Ciencias Naturales y Exactas

Ingeniería Química

PRIMER SEMESTRE

Cálculo I  
Química General  
Mecánica  
Antropología Social  
Psicología y Experiencia Humana  
Investigación Científica

SEGUNDO SEMESTRE

Cálculo II  
Química Inorgánica I  
Calor  
Análisis Cualitativo  
Introducción a las Inst. Sociales

TERCER SEMESTRE

Ecuaciones Diferenciales  
Química Orgánica I  
Termodinámica  
Análisis Cuantitativo  
Electricidad y Magnetismo

CUARTO SEMESTRE

Probabilidad y Estadística  
Química Orgánica II  
Equilibrios Físicos y Químicos  
Química Inorgánica II  
Optica

QUINTO SEMESTRE

Algebra Lineal  
Cálculo Práctico y Nomografía  
Contabilidad  
Resistencia de Materiales  
Corriente Alterna  
Flujo de Fluidos

## Introducción a la Ingeniería Química

### SEXTO SEMESTRE

Transferencia de Masa I  
Separación y Manejo de Materiales  
Balance de Materia y Energía  
Programación y Computadoras  
Fenómenos de Transporte  
Economía  
Costos de Producción

### SEPTIMO SEMESTRE

Mercadotecnia  
Transmisión de Calor  
Transferencia de Masa II  
Control Estadístico de Calidad  
Dibujo Técnico  
Ingeniería Económica  
Proyecto de Plantas

### OCTAVO SEMESTRE

Programa de Evaluación Final

### Ingeniería Química Administrativa

-----

### PRIMER SEMESTRE

Cálculo I  
Química General  
Mecánica  
Antropología Social  
Psicología y Experiencia Humanas  
Investigación Científica

### SEGUNDO SEMESTRE

Cálculo II  
Química Inorgánica I  
Calor  
Análisis Cualitativo  
Introducción a las Inst. Sociales

### TERCER SEMESTRE

Ecuaciones Diferenciales  
Química Orgánica I  
Termodinámica  
Análisis Cuantitativo  
Electricidad y Magnetismo

### CUARTO SEMESTRE

Probabilidad Y Estadística  
Química Orgánica II  
Equilibrios Físicos y Químicos  
Química Inorgánica II  
Óptica

### QUINTO SEMESTRE

Álgebra Lineal  
Cálculo Práctico y Nomografía  
Contabilidad  
Resistencia de Materiales  
Corriente Alterna  
Flujo de Fluidos  
Introducción a la Ingeniería Química  
Administración de Empresas Industriales I

### SEXTO SEMESTRE

Transferencia de Masa I  
Separación y Manejo de Materiales  
Balance de Materia y Energía  
Programación y Computadoras  
Fenómenos de Transporte  
Economía  
Costos de Producción  
Administración de Empresas Industriales II

### SEPTIMO SEMESTRE

Mercadotecnia  
Transmisión de Calor  
Transferencia de Masa II

Control Estadístico de Calidad  
Dibujo Técnico  
Ingeniería Económica  
Proyectos de Plantas  
Ingeniería Industrial I

**OCTAVO SEMESTRE**

Investigación de Operaciones  
Control de Inventarios  
Derecho del Trabajo  
Psicología Industrial  
Administración de Ventas  
Ingeniería Industrial II  
Derecho Fiscal

**NOVENO SEMESTRE**

Programa de Evaluación Final



Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

---

Ingeniería Química y de Sistemas

---

PRIMER SEMESTRE

Física I  
Introducción a la Ingeniería  
Computación Electrónica I  
Matemáticas I  
Química Inorgánica I  
Laboratorio de Química Inorgánica I

SEGUNDO SEMESTRE

Física II  
Operación de Plantas Químicas  
Computación Electrónica II  
Matemáticas II  
Química Inorgánica II  
Química Analítica

TERCER SEMESTRE

Electricidad y Magnetismo  
Termodinámica de Ingeniería Química  
Matemáticas III  
Probabilidad  
Computación Electrónica III  
Organización Computacional y Sistemas de Programación

CUARTO SEMESTRE

Control Estadístico de Calidad  
Análisis de Procesos  
Ecuaciones Diferenciales  
Química Orgánica I  
Estructura Interna de la Computadora  
Computación Electrónica IV

QUINTO SEMESTRE

Contabilidad

Fenómenos de Transporte  
Laboratorio de Fenómenos de Transporte  
Equilibrio y Cinética  
Química Orgánica II  
Fisicoquímica Experimental  
Sistemas Operativos I

**SEXTO SEMESTRE**

Fenómenos de Transporte Experimental  
Operaciones de Momentum y Calor  
Computación en Ingeniería Química  
Programación Matemática  
Producción  
Sistemas de Cómputo I

**SEPTIMO SEMESTRE**

Valuación de Proyectos  
Operaciones de Transferencia de Masa  
Diseño de Reactores  
Sistemas de Cómputo II  
Ingeniería de Sistemas I  
Sistemas de Control Lineal

**OCTAVO SEMESTRE**

Simulación de Procesos  
Proyectos de Plantas Químicas  
Laboratorio de Operaciones Unitarias  
Optativa General I  
Control de Procesos  
Ingeniería de Sistemas II

## Ingeniería Química Administrativa

---

### PRIMER SEMESTRE

Física I

Introducción a la Ingeniería

Dibujo

Matemáticas I

Química Inorgánica I

Laboratorio de Química Inorgánica I

### SEGUNDO SEMESTRE

Mecánica de Sólidos

Física II

Operación de Plantas Químicas

Matemáticas II

Química Inorgánica II

Química Analítica

### TERCER SEMESTRE

Electricidad y Magnetismo

Administración Industrial

Termodinámica de Ingeniería Química

Matemáticas III

Probabilidad I

Computación Electrónica I

### CUARTO SEMESTRE

Contabilidad

Control Estadístico de Calidad

Análisis de Procesos

Equilibrio y Cinética

Ecuaciones Diferenciales

Química Orgánica I

### QUINTO SEMESTRE

Programación Matemática

Ingeniería de Métodos

Diseño de Experimentos  
Laboratorio de Ingeniería de Métodos  
Fenómenos de Transporte  
Laboratorio de Fenómenos de Transporte  
Química Orgánica II

SEXTO SEMESTRE

Sistemas de Producción I  
Investigación de Operaciones I  
Fenómenos Difusionales  
Operaciones de Momentum y Calor  
Computación en Ingeniería Química  
Mediciones físicas

SEPTIMO SEMESTRE

Ingeniería Eléctrica  
Sistemas de Producción II  
Valuación de Proyectos  
Fenómenos de Transporte Experimental  
Operaciones de Transferencia de Masa  
Diseño de Reactores

OCTAVO SEMESTRE

Diseño de Sistemas de Producción  
Proyectos de Plantas Químicas  
Laboratorio de Operaciones Unitarias  
Optativa General I  
Optativa General II  
Sistemas de Control Lineal

## Ingeniería Química en Proceso

---

### PRIMER SEMESTRE

Física I  
Introducción a la Ingeniería I  
Dibujo  
Matemáticas I  
Química Inorgánica I  
Laboratorio de Química Inorgánica I

### SEGUNDO SEMESTRE

Mecánica de Sólidos  
Física II  
Operación de Plantas Químicas  
Matemáticas II  
Química Inorgánica II  
Química Analítica

### TERCER SEMESTRE

Electricidad y Magnetismo  
Termodinámica de Ingeniería Química  
Matemáticas III  
Química Orgánica I  
Laboratorio de Química Analítica  
Computación Electrónica I

### CUARTO SEMESTRE

Laboratorio de Electricidad y Magnetismo  
Análisis de Procesos  
Equilibrio y Cinética  
Ecuaciones Diferenciales  
Probabilidad y Estadística  
Química Orgánica II  
Laboratorio de Química Orgánica I

### QUINTO SEMESTRE

Contabilidad  
Administración de la Producción

Programación Matemática  
Valuación de Proyectos  
Fenómenos de Transporte  
Fisicoquímica Experimental

**SEXTO SEMESTRE**

Ingeniería Eléctrica  
Fenómenos Difusionales  
Operaciones de Momentum y Calor  
Computación en Ingeniería Química  
Mediciones Físicas  
Sistemas de Control Lineal

**SEPTIMO SEMESTRE**

Fenómenos de Transporte Experimental  
Operaciones de Transferencia de Masa  
Diseño de Reactores  
Optativa General I  
Control de Procesos  
Laboratorio de Sistemas de Control Lineal

**OCTAVO SEMESTRE**

Simulación de Procesos  
Proyectos de Plantas Químicas  
Temas Selectos de Ingeniería Química  
Laboratorio de Operaciones Unitarias  
Optativa General II  
Derecho Laboral

Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Ingeniería Química

---

SEMESTRE PROPEDEUTICO

Química General  
Algebra Elemental  
Analítica y Principios de Cálculo  
Campo de la Ingeniería Química  
Laboratorio de Mediciones Físicas  
Investigación Bibliográfica

PRIMER SEMESTRE

Fisicoquímica I  
Matemáticas I  
Matemáticas II  
Química I  
Inglés

SEGUNDO SEMESTRE

Fisicoquímica II  
Matemáticas III  
Física I  
Análisis I  
Química II  
Seminario Cultural I

TERCER SEMESTRE

Fisicoquímica III  
Matemáticas IV  
Ingeniería Química I  
Análisis II  
Física II  
Química Orgánica I

CUARTO SEMESTRE

Fisicoquímica IV  
Matemáticas V  
Física III  
Análisis III

Química Orgánica II  
Ingeniería Química II

QUINTO SEMESTRE

Fisicoquímica V  
Matemáticas VI  
Ingeniería Química III  
Ingeniería Eléctrica  
Ingeniería Mecánica I  
Análisis IV  
Dibujo  
Seminario Cultural II

SEXTO SEMESTRE

Fisicoquímica VI  
Matemáticas VII  
Ingeniería Química IV  
Ingeniería Mecánica II  
Ingeniería Química V  
Ingeniería Industrial I  
Seminario Cultural III

SEPTIMO SEMESTRE

Fisicoquímica VII  
Ingeniería Química VI  
Ingeniería Química VII  
Laboratorio de Ingeniería Química I  
Ingeniería Industrial II  
Química Orgánica Aplicada  
Optativa

OCTAVO SEMESTRE

Ingeniería Química VIII  
Laboratorio de Ingeniería Química II  
Ingeniería Industrial III  
Ingeniería de Proyectos I  
Ingeniería Bioquímica I



Ingeniería Ambiental I  
Optativa

NOVENO SEMESTRE

Ingeniería de Proyectos II  
Ingeniería Bioquímica II  
Ingeniería Ambiental II  
Seminario de Ingeniería Química  
Introducción a Tesis  
Optativa  
Optativa  
Optativa

Ingeniería Química Industrial

---

PRIMER SEMESTRE

Matemáticas I  
Física I  
Química Inorgánica  
Inglés

SEGUNDO SEMESTRE

Matemáticas II  
Física II  
Álgebra Lineal  
Química Orgánica I  
Inglés II

TERCER SEMESTRE

Matemáticas III  
Introducción a la Programación  
Química Orgánica II  
Fisicoquímica I  
Inglés III

CUARTO SEMESTRE

Ecuaciones Diferenciales  
Análisis Numérico I  
Fisicoquímica II  
Análisis Instrumental Químico  
Balance de Materia y Energía

QUINTO SEMESTRE

Probabilidad y Estadística  
Estática y Resistencia de Materiales  
Fenómenos de Transporte I  
Termodinámica de Ingeniería Química  
Ingeniería Eléctrica  
Dibujo

SEXTO SEMESTRE

Ingeniería Económica  
Fenómenos de Transporte II  
Operaciones Unitarias I  
Administración I  
Contabilidad Intensiva

SEPTIMO SEMESTRE

Ingeniería de Producción  
Operaciones Unitarias II  
Reactores Químicos  
Dinámica y Control de Procesos  
Introducción al Derecho y Derecho Civil  
Laboratorio de Ingeniería Química

OCTAVO SEMESTRE

Operaciones Unitarias III  
Diseño de Plantas Químicas  
Electiva Técnica I  
Laboratorio Integral I  
Introducción a la Psicología  
Introducción a la Microeconomía

NOVENO SEMESTRE

Derecho Laboral  
Simulación de Plantas Químicas  
Electiva Técnica II  
Laboratorio Integral II  
Psicología Industrial  
Introducción a la Macroeconomía  
Humanidades y Ciencias Sociales

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Escuela Po-  
pular de Ingeniería Química.

PRIMER SEMESTRE

Idiomas I  
Antropología Social  
Matemáticas I  
Lógica  
Dibujo Técnico I  
Laboratorio de Física

SEGUNDO SEMESTRE

Idiomas II  
Evolución Social  
Matemáticas II  
Psicología  
Dibujo Técnico II  
Mecánica I

TERCER SEMESTRE

Idiomas III  
Taller de Problemas Socio-Económicos  
Matemáticas III  
Probabilidad y Estadística  
Contabilidad y Administración  
Ingeniería Legal  
Mecánica II

CUARTO SEMESTRE

Idiomas IV  
Laboratorio de Questions y Reformas Sociales  
Computación  
Comunicación y Relaciones Humanas  
Taller de Geometría Descriptiva  
Ingeniería Mecánica  
Resistencia de Materiales I

#### QUINTO SEMESTRE

Métodos y Sistemas de Servicio Social  
Electricidad  
Química Inorgánica I  
Física de los Movimientos Ondulatorios  
Fisicoquímica I  
Análisis Cualitativo  
Ingeniería Química I

#### SEXTO SEMESTRE

Magnetismo  
Química Inorgánica II  
Física Nuclear  
Fisicoquímica II  
Análisis Cuantitativo  
Ingeniería Química II

#### SEPTIMO SEMESTRE

Higiene y Seguridad Industrial  
Química Orgánica I  
Fisicoquímica III  
Análisis Instrumental I  
Ingeniería Química III  
Ingeniería Eléctrica I

#### OCTAVO SEMESTRE

Ecología  
Química Orgánica II  
Fisicoquímica IV  
Análisis Instrumental II  
Ingeniería Química IV  
Ingeniería Eléctrica II

#### NOVENO SEMESTRE

Química Orgánica III  
Fisicoquímica V  
Ingeniería Química V

Ingeniería Económica  
Instrumentación y Control

DECIMO SEMESTRE

Producción

Ingeniería Industrial

Ingeniería Química VI

Optativas (2):

Metalurgia

Agroquímicos

Polímeros

Procesos Petroquímicos

Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Escuela de Ciencias

---

Químicos.

PRIMER SEMESTRE

Física I  
Cálculo I  
Química Inorgánica I  
Dibujo  
Introducción a la Ingeniería Química

SEGUNDO SEMESTRE

Física II  
Cálculo II  
Química Inorgánica II  
Álgebra Lineal  
Mecánica de Sólidos

TERCER SEMESTRE

Física III  
Cálculo III  
Química Orgánica I  
Química Analítica  
Fisicoquímica I

CUARTO SEMESTRE

Cálculo IV  
Química Orgánica II  
Análisis de los Procesos  
Análisis Instrumental  
Fisicoquímica II

QUINTO SEMESTRE

Fenómenos de Transporte  
Computación  
Fisicoquímica III  
Probabilidad y Estadística  
Equipos de Procesos Químicos

## SEXTO SEMESTRE

Fenómenos de Transporte  
Computación en Ingeniería Química  
Termodinámica I  
Fisicoquímica IV  
Contabilidad de Costos

## SEPTIMO SEMESTRE

Termodinámica II  
Operación de Transferencia de Momento  
Ingeniería Eléctrica  
Ingeniería Electroquímica  
Evaluación de Proyectos

## OCTAVO SEMESTRE

Operación de Transferencia de Masa I  
Operación de Transferencia de Calor  
Instrumentación  
Cinética Química  
Diseño I  
Administración de la Producción

## NOVENO SEMESTRE

Operación de Transferencia de Masa II  
Introducción al Diseño de Reactores  
Diseño II  
Derecho Laboral  
Control de Procesos  
Temas Selectos de Ingeniería Química



Universidad Autónoma de Sinaloa. Escuela de Ciencias Químicas

PRIMER SEMESTRE

Química General  
Teoría de Funciones I  
Álgebra Lineal I  
Física, Mecánica y Fluidos  
Bibliografía y Redacción Técnica  
Campo de la Ingeniería

SEGUNDO SEMESTRE

Química Inorgánica  
Teoría de Funciones II  
Álgebra Lineal II  
Fisicoquímica I  
Mediciones Físicas  
Análisis Cualitativo

TERCER SEMESTRE

Química Orgánica I  
Ecuaciones Diferenciales y Simulación  
Computación  
Fisicoquímica II  
Introducción a la Ingeniería Química I  
Análisis Cuantitativo  
Electricidad y Magnetismo

CUARTO SEMESTRE

Química Orgánica II  
Cálculo Avanzado  
Análisis Numérico  
Termodinámica I  
Introducción a la Ingeniería Química II  
Análisis Instrumental  
Física Moderna

#### QUINTO SEMESTRE

Química Orgánica III  
Elementos de Ingeniería Mecánica  
Computación II  
Termodinámica II  
Fenómenos de Transporte I  
Análisis Industriales

#### SEXTO SEMESTRE

Química Orgánica IV  
Estadística  
Elementos de Ingeniería Eléctrica  
Fisicoquímica III  
Fenómenos de Transporte II  
Dibujo Técnico

#### SEPTIMO SEMESTRE

Economía Industrial  
Computación Analógica  
Electrónica Industrial  
Máquinas térmicas I  
Operaciones Difusionales I  
Tecnología de Materiales

#### OCTAVO SEMESTRE

Producción  
Diseño de Equipos I  
Cinética Química  
Máquinas Térmicas II  
Operaciones Difusionales II

#### NOVENO SEMESTRE

Organización de Sistemas  
Diseño de Equipos II  
Electroquímica  
Higiene y Seguridad Industrial  
Diseño de Reactores Homogéneos

DECIMO SEMESTRE

Optativa Técnica

Instrumentación y Control Industrial

Diseño de Reactores Heterogéneos

Universidad de Sonora. Escuela de Ciencias Químicas.

PRIMER SEMESTRE

Algebra Lineal  
Cálculo Diferencial e Integral  
Mecánica y Laboratorio  
Química General y Laboratorio  
Introducción a la Ingeniería  
Nomografía y Cálculo Gráfico

SEGUNDO SEMESTRE

Ecuaciones Diferenciales  
Electricidad, Magnetismo, Optica y Laboratorio  
Termodinámica Química y Laboratorio  
Química Inorgánica Y Laboratorio  
Análisis Químico General y Laboratorio

TERCER SEMESTRE

Probabilidad y Estadística  
Cálculo Avanzado  
Física Molecular  
Equilibrio Químico y Laboratorio  
Programación  
Análisis Instrumental y Laboratorio

CUARTO SEMESTRE

Análisis Numérico  
Técnicas Matemáticas de la Ingeniería Química  
Balance de Materia y Energía  
Cinética Química y Laboratorio  
Ingeniería Eléctrica  
Química Orgánica I y Laboratorio

QUINTO SEMESTRE

Materiales en Ingeniería  
Dibujo  
Fenómenos de Transporte y Laboratorio

Termodinámica de Ingeniería Química  
Química Orgánica II y Laboratorio  
Resistencia de Materiales

SEXTO SEMESTRE

Flujo de Fluidos  
Fundamentos de Instrumentación y Control Neumático  
Ingeniería Térmica  
Transferencia de Calor  
Ingeniería de Costos  
Opción

SEPTIMO SEMESTRE

Fenómenos Difusionales y Laboratorio  
Diseño de Reactores I  
Ingeniería de Proyectos  
Tecnología de Procesos  
Opción

OCTAVO SEMESTRE

Operaciones Difusionales y Laboratorio  
Diseño de Reactores II  
Diseño de Equipo  
Opción  
Opción

NOVENO SEMESTRE

Ingeniería de Procesos  
Producción  
Seminario de Ingeniería Química  
Opción  
Opción  
Opción

Instituto Tecnológico de Sonora.

PRIMER SEMESTRE

Matemática I  
Física I  
e Química I  
Dibujo I  
Optativa Humanística I  
Laboratorio de Química I

SEGUNDO SEMESTRE

Matemática II  
Física II  
Química II  
Estática  
Química Analítica I  
Programación Fortran  
Optativa Humanística II  
Laboratorio de Química II  
Laboratorio de Química Analítica I

TERCER SEMESTRE

Matemática III  
Física III  
Química Analítica II  
Fisicoquímica I  
Métodos Numéricos  
Optativa Humanística III  
Laboratorio de Química Analítica II

CUARTO SEMESTRE

Matemática IV  
Fisicoquímica II  
Química Orgánica I  
Resistencia de Materiales I  
Análisis Instrumental I  
Probabilidad y Estadística

Laboratorio de Química Orgánica I  
Laboratorio de Análisis Instrumental I

QUINTO SEMESTRE

Matemática V  
Termodinámica Química  
Balance de Materia y Energía  
Química Orgánica II  
Administración I  
Optativa Humanística IV  
Laboratorio de Química Orgánica II

SEXTO SEMESTRE

Fenómenos de Transporte  
Ingeniería Química I  
Instrumentación y Control  
Análisis Instrumental II  
Contabilidad I  
Estadística Aplicada  
Laboratorio de Análisis Instrumental II

SEPTIMO SEMESTRE

Plantas de Energía  
Fenómenos Difusionales  
Ingeniería Química II  
Investigación de Operaciones I  
Reactores Químicos  
Ingeniería Eléctrica I

OCTAVO SEMESTRE

Tecnología de Procesos  
Evaluación de Proyectos  
Derecho Laboral  
Ingeniería Química III  
Administración de Recursos Humanos I  
Optativa Humanística V

Universidad Autónoma de Tlaxcala. Departamento de Ing. Química

PRIMER SEMESTRE

Matemáticas I  
Física I  
Química Inorgánica I y Laboratorio  
Fisicoquímica I y Laboratorio  
Inglés I

SEGUNDO SEMESTRE

Matemáticas II  
Física II  
Química Inorgánica II y Laboratorio  
Fisicoquímica II y Laboratorio  
Inglés II

TERCER SEMESTRE

Matemáticas III  
Química Orgánica I y Laboratorio  
Química Analítica I y Laboratorio  
Fisicoquímica III y Laboratorio  
Balances de Materia  
Inglés III  
Optativa

CUARTO SEMESTRE

Matemáticas IV  
Química Orgánica II y Laboratorio  
Química Analítica II y Laboratorio  
Fisicoquímica IV y Laboratorio  
Balances de Energía  
Inglés IV

QUINTO SEMESTRE

Ingeniería Química I y Laboratorio  
Ingeniería Eléctrica I  
Ingeniería Mecánica I



Fisicoquímica V y Laboratorio  
Ingeniería Industrial I  
Ingeniería de Procesos y Laboratorio  
Optativa

SEXTO SEMESTRE

Ingeniería Química II y Laboratorio  
Ingeniería Eléctrica II  
Ingeniería Mecánica II  
Fisicoquímica VI y Laboratorio  
Ingeniería Industrial II  
Ingeniería de Procesos II y Laboratorio  
Optativa

SEPTIMO SEMESTRE

Ingeniería Química III y Laboratorio  
Ingeniería Mecánica III  
Ingeniería de Proyectos I  
Cinética Química y Laboratorio  
Ingeniería de Costos I  
Ingeniería de Procesos III y Laboratorio  
Optativa

OCTAVO SEMESTRE

Ingeniería Química IV y Laboratorio  
Ingeniería Mecánica IV  
Ingeniería de Proyectos II  
Catálisis y Laboratorio  
Ingeniería de Costos II  
Ingeniería de Procesos IV y Laboratorio  
Optativa

NOVENO SEMESTRE

Ingeniería Química V y Laboratorio  
Ingeniería de Proyectos III  
Catálisis II y Laboratorio  
Ingeniería de Costos III

Ingeniería de Procesos V y Laboratorio  
Electroquímica y Laboratorio  
Optativa

**DECIMO SEMESTRE**

Ingeniería Química VI y Laboratorio  
Ingeniería de Proyectos IV  
Ingeniería de Costos IV  
Ingeniería de Procesos VI y Laboratorio  
Ingeniería Ambiental  
Instrumentación Industrial y Laboratorio  
Optativa

**Materias Optativas:**

Química del Petróleo  
Plásticos  
Resinas y Sintéticos  
Azúcares  
Alcoholes  
Textiles y Colorantes  
Psicología  
Relaciones Humanas  
Corrosión  
Química Industrial  
Tecnología de Alimentos  
Programación

Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas

---

PRIMER SEMESTRE

Matemáticas I  
Química Inorgánica I  
Química Inorgánica II  
Física I  
Dibujo de Ingeniería

SEGUNDO SEMESTRE

Matemáticas II  
Química Orgánica I  
Física II  
Análisis I

TERCER SEMESTRE

Matemáticas III  
Química Orgánica II  
Física III  
Análisis II  
Fisicoquímica I

CUARTO SEMESTRE

Matemáticas IV  
Física Moderna  
Análisis III  
Fisicoquímica II  
Tecnología Química

QUINTO SEMESTRE

Fenómenos de Transporte  
Programación y Análisis Numérico  
Fisicoquímica III  
Ingeniería Mecánica  
Ingeniería Química I

SEXTO SEMESTRE

Probabilidad y Estadística  
Fenómenos Difusionales  
Ingeniería Química II  
Termodinámica de Ingeniería Química  
Ingeniería Eléctrica  
Evaluación de Proyectos  
Dinámica de Procesos

SEPTIMO SEMESTRE

Cálculo Práctico  
Programación Lineal  
Electrónica  
Ingeniería Química III  
Economía Industrial I  
Seguridad Industrial  
Opción I (Absorción)

OCTAVO SEMESTRE

Ingeniería Química IV  
Instrumentación  
Ingeniería Química V  
Producción  
Economía Industrial II  
Opción II (Extracción)

Universidad de Yucatán. Facultad de Química.

PRIMER SEMESTRE

Matemáticas I  
Estática  
Química I  
Análisis Cualitativo  
Introducción a la Ingeniería Química  
Dibujo I

SEGUNDO SEMESTRE

Matemáticas II  
Dinámica  
Química II  
Análisis Cuantitativo  
Fisicoquímica I  
Dibujo II

TERCER SEMESTRE

Matemáticas III  
Resistencia de Materiales  
Análisis Numérico y Programación  
Química III  
Análisis Instrumental  
Fisicoquímica II

CUARTO SEMESTRE

Matemáticas IV  
Tecnología de Materiales  
Probabilidad y Estadística  
Química IV  
Análisis Industriales  
Fisicoquímica III

QUINTO SEMESTRE

Electricidad y Magnetismo  
Fenómenos de Transporte I  
Química V

Fisicoquímica IV  
Economía General  
Estequiometría

SEXTO SEMESTRE

Laboratorio de Electricidad y Magnetismo  
Fenómenos de Transporte II  
Operaciones Unitarias I  
Fisicoquímica V  
Técnicas Administrativas  
Operaciones Unitarias II

SEPTIMO SEMESTRE

Operaciones Unitarias III  
Procesos Unitarios I  
Ingeniería Eléctrica I  
Ingeniería de Costos  
Diseño de Reactores  
Seminario de Seguridad Industrial

OCTAVO SEMESTRE

Operaciones Unitarias IV  
Procesos Unitarios II  
Ingeniería Eléctrica II  
Ingeniería Económica I  
Seminario de Etica Profesional  
Optativas:  
Ingeniería Industrial I o Bioquímica General  
Optativas:  
Ingeniería Industrial II o Química de Alimentos

NOVENO SEMESTRE

Instrumentación y Control  
Máquinas Térmicas  
Derecho Laboral  
Optativas:  
Ingeniería Industrial III

Ingeniería Económica II o Microbiología de Alimentos  
Tecnología de Alimentos I

DECIMO SEMESTRE

Proyectos de Plantas Químicas

Seminario de Tesis

Administración de Recursos Humanos

Optativas:

Ingeniería Industrial IV

Análisis de Sistemas o Laboratorio de Microbiol. de Alimentos

Tecnología de Alimentos II

Universidad Autónoma de Zacatecas. Escuela de Ciencias Químicas

PRIMER AÑO:

PRIMER SEMESTRE

Fisicoquímica I  
Fisicoquímica II  
Física I  
Matemáticas I (Algebra)  
Matemáticas II (Cálculo Diferencial)

SEGUNDO SEMESTRE

Fisicoquímica III  
Física II  
Química Inorgánica  
Análisis Químico I (Cualitativo)  
Matemáticas III (Cálculo Integral)

SEGUNDO AÑO

Química Orgánica I  
Análisis Químico II (Cuantitativo)  
Física II  
Matemáticas IV (Cálculo Superior y Ecuaciones Diferenciales)  
Fisicoquímica I (General)  
Ingeniería Química I

TERCER AÑO

Química Orgánica II  
Análisis Químico III (instrumental)  
Fisicoquímica II  
Matemáticas V (Probabilidad y Estadística I y II)  
Ingeniería Química II-A  
Física III  
Ingeniería Química II-B

CUARTO AÑO

Análisis Químico IV (Industrial)



Dibujo  
Ingeniería Química III  
Fisicoquímica III (Termodinámica)  
Máquinas Térmicas  
Ingeniería Eléctrica  
Ingeniería Industrial I  
Fenómenos de Transporte

#### QUINTO AÑO

Higiene y Seguridad Industrial  
Ingeniería Química IV  
Fisicoquímica IV (Electroquímica)  
Instrumentación Industrial  
Diseño de Equipos  
Ingeniería Industrial II  
Curso Optativo (Estudio del Trabajo)  
Proyectos Industriales  
Prevención de la Contaminación Ambiental (optativa)

Para concluir este capítulo, únicamente agregaremos que el desarrollo histórico de cada institución académica, así como las características específicas de su comunidad, se reflejan en sus prioridades y estrategias diferentes. Del mismo modo, la filosofía institucional particularmente en lo que se refiere a la relación educación-sociedad se deja ver en los objetivos específicos de los planes y programas de cada centro educativo.

Esta heterogeneidad de políticas, no debe contemplarse como algo negativo, sino por el contrario, de ellas derivan las múltiples opciones que representan el mejor esfuerzo de cada escuela superior, para la adecuación de la enseñanza de la Ingeniería Química al desarrollo económico y social del país.

Las experiencias de la sociedad y los conocimientos se ordenan y transmiten mediante los planes de estudio, metodologías y carreras que imparten las casas de estudios.

La integración de todos los planes de estudio finalmente, tiene como objetivo común definir y formar el contenido de la educación nacional, para lo cual se formulan.

**CAPITULO No. 6 .**  
**CONCLUSIONES .**

El presente capítulo conforma la etapa final del trabajo de tesis. Como resultado de la investigación que ha llegado a su término, surgen a continuación, las conclusiones lógicas poniendo de relieve aspectos destacados por su importancia y que, a través de su lectura, configuran aún más las finalidades u objetivos perseguidos con la labor realizada.

La tesis, se ha fundado primordialmente en aportar nuevas ideas, nuevos proyectos. En realidad, se espera que al culminar con este capítulo, aumente el acervo en materia de planeación e investigación educativa para la profesión de Ingeniería Química.

Se piensa sinceramente, que este trabajo sea una contribución más en los esfuerzos hechos por la Facultad para el mejoramiento del proceso educativo.

Cabe especificar al momento, que absolutamente todos los temas contenidos en los capítulos integrantes de la tesis, incorporan las sugerencias y conclusiones correspondientes. Empero, el espacio conferido a este capítulo terminal, resulta apropiado para incluir una segunda apreciación de los temas involucrados haciendo hincapié en los aspectos principales de cada cuestión, respetando el orden que guarda el trabajo y manteniendo esa dualidad de enfoque académico-industrial, sostenido a todo lo largo de la tesis.

Se resultan asuntos dignos de mención. Ideas desarrolladas sobre tópicos poco tratados, pretendiendo despertar el interés en un estudio más profundo visto desde un ángulo diferente al presentado, y ciertas necesidades por satisfacer dentro de áreas que no han sido suficientemente atendidas. Al respecto se debe aclarar

que no por falta de empeño, sino simplemente por que es amplísimo el mundo representado por el quehacer educativo de nuestra Facultad.

Antes de proseguir adelante, es oportuno aseverar lo siguiente:

El progreso social de un país viene determinado por la adecuada aplicación y planificación de la tecnología y sus adelantos, de aquí se desprende que la aplicación de la misma compete y corresponde única y exclusivamente a las empresas productoras de bienes y servicios, ya sean éstas del sector público o privado; y su planificación corresponde tanto al sector gubernamental como al sector educativo; así al sector gubernamental le corresponde dar y aplicar los lineamientos y objetivos por alcanzar dentro de un lapso determinado de tiempo; y al sector educativo le corresponde la planificación e instrucción del personal profesional con que debe contar el país para poder alcanzar los objetivos nacionales que el gobierno plantea, es por esto, lo imperioso de orientar esfuerzos hacia la reestructuración de planes y programas de estudio para el mejoramiento de la preparación de los ingenieros químicos, que redundará ya sea en corto o mediano plazo, en el desarrollo y progreso de la industria química nacional, lo que a su vez permitirá satisfacer las necesidades básicas de la población, pues el mayor número de fertilizantes incide en mayor número de alimentos, y el mayor número de fibras sintéticas redundan en mayor número de vestidos, etcétera.

Así, el desarrollo completo de una nación se basa sobre todo en las dos principales ramas de la actividad humana: el trabajo y

la educación, lo que define en sí mismas el trabajo manual y el trabajo intelectual, ambas ramas interrelacionadas entre sí, por los avances del desarrollo humano del tipo realizado en ingeniería, donde la aportación social se encuentra en el trabajo realizado, dado que la Ingeniería Química en sí misma es una profesión de orientación social.

I. El estudio de la evolución paulatina en los planes de la profesión de Ingeniería Química -capítulo primero de la tesis-, ha sido necesario para situar apropiadamente el cuadro de antecedentes sobre sus mecanismos de acción que constituyen, los programas de estudio; en particular, los referentes a la Ingeniería Química VII y VIII.

Es un estudio de especial importancia porque, ha definido los diversos perfiles académico-profesionales exhibidos por la carrera, en diferentes etapas históricas de la nación, con base a la influencia de la economía, los cambios sociales y el desarrollo industrial en la estructuración del contenido de planes y programas. Problemas cuya magnitud y naturaleza afectan en todo momento la toma de decisiones para su proyección e implantación.

Como se puede constatar en el capítulo I; México, por largo período de tiempo pudo gozar de cierta estabilidad económica, hasta los acontecimientos que tuvieron lugar en la economía del país a finales de 1976. Esto, pudiendo denominarse como época de letargo en la vida nacional, permitió que planes diseñados en una primera instancia fueran aplicados a lo largo de varios años. Los cambios no se sucedían continuamente, haciéndose a su vez notoria, la carencia de reformas esenciales en los correspondientes programas de estudio.

Posiblemente, eran convenientes de acuerdo a las circunstancias; empero, la época que el momento histórico impone, caracterizada por evidente incertidumbre económica que enmarca la fluctuación de la moneda, determina asimismo, rápidas transformaciones en la industria y ambiente social afectando la oferta y la deman-

da de ingenieros químicos; exigiendo mejor calidad profesional.

Además, la creciente magnitud y la automatización de las plantas químicas, también ha hecho que esa demanda de recursos humanos se desplace cada vez más hacia una mayor calificación del personal. Por lo que, a diferencia de antaño, hoy día se hace patente el preparar profesionales -sin que necesariamente tal preparación deba seguir los patrones clásicos de otros países-, aptos para enfrentar nuevos retos, capaces de aplicar correctamente la tecnología que demanda la solución de los problemas empíricos que el ejercicio de la profesión plantea.

Con una adecuada preparación o formación industrial del ingeniero químico para que se pueda desenvolver en el desempeño de su actividad, se ampliarán las oportunidades de trabajo a la vez que se logrará un mejor equilibrio en la oferta-demanda de este tipo de profesionales. Hablamos de dotar al futuro ingeniero de elementos que permitan entre otros propósitos, superar el abatimiento del nivel académico, puesto que, los egresados al incorporarse al sector de trabajo, serán futuros dirigentes cuyas decisiones determinarán el paso, el alcance y la condición del desarrollo industrial y socio-económico del país.

Sin duda, el material reunido en el capítulo No. 1 ha puesto de relieve aspectos coyunturales. En conclusión:

1. Ha establecido un panorama histórico que permite ver el grado de avance que ha tenido el desarrollo educativo de la profesión.
2. Consecuentemente, puede examinarse la preparación universitaria otrora y actualmente recibida por el ingeniero químico.



3. Ha dado a conocer los cambios básicos que se han operado en los planes de estudio de la carrera y programas pertenecientes a las materias de Ingeniería Química VII y VIII.
4. Permite distinguir cómo ha ido evolucionando la asignatura de Ingeniería Química, disciplina central de la profesión, desde no formar parte del plan de estudios hasta conformar una rama completa de ocho ingenierías.
5. Del mismo modo, precisa el marco integral para una mejor comprensión del evidente progreso en la Ingeniería de Reactores, tanto de la materia en sí, como a nivel educacional, que ha abarcado desde el aspecto descriptivo de los procesos involucrados, antiguamente, hasta un profundo examen comprendiendo el análisis, diseño y operación de los reactores químicos, en la actualidad.
6. Debido al rápido crecimiento en la economía mexicana a raíz de la Segunda Guerra Mundial, y a la política de fomento de sustitución de importaciones, se crearon muchas oportunidades de inversión en la industria química, ampliamente coligada a la concepción, diseño y estructura de programas y planes. Por ello, se han desglosado en el citado capítulo, las principales actividades que ha tenido la industria a través del tiempo; confiando aparte, una visión general del campo de acción del ingeniero químico, de la manera en como se ha incrementado hasta alcanzar la diversificación de funciones que posee actualmente.

Todo este tipo de información conjuntada dentro del Cap. I es esencial como punto de referencia para inquirir, no sólo a ni-

vel académico, en la esfera de la Ingeniería Química. No obstante, no se ha concedido suficiente importancia a la investigación educativa en esta área. Existen dificultades para identificar antecedentes que orienten y guíen las acciones que se han ido realizando en el presente.

En forma contundente, se piensa en lo imprescindible de planear y elaborar una obra abrazando todos los fundamentales aspectos mencionados en dicho capítulo, en un sentido más extenso y con mayor penetración.

La propuesta estriba en la necesidad de contar con una obra de tal naturaleza, ya que en la literatura, no existe ninguna en su clase. Conformaría una publicación no únicamente de gran interés general, sino de suma utilidad para la comunidad universitaria de nuestra Facultad; contribuiría a una mejor ubicación de la profesión dentro del Sistema de Educación Superior.

II. Lo consignado en el primer capítulo de la tesis, fundamento para el análisis de las cartas descriptivas de Ingeniería Química VII y VIII, permitió cimentar el capítulo 2, que aborda el tema.

De dicho análisis, resulta posible observar que las modificaciones en tales cartas no han sido del todo paralelas a los giros socio-económicos e industriales, e incluso, al propio avance en las ciencias de la educación. De hecho, la configuración básica de dichos programas no manifestó transformaciones sino hasta la década de los 80's. Por tal motivo, adolecen de los inconvenientes señalados en el aludido Cap. 2. Ello no quiere decir, que se aplicaran en la misma forma, porque afirmarlo sería totalmente apócrifo. Al hablar de transformaciones en la configuración básica, me refiero exclusivamente a los cambios en el documento escrito, no a la manera en que ha sido llevado a efecto. Al ponerse en práctica el plan de curso, las reformas al temario eran realizadas conforme la época lo determinaba, delegando toda la responsabilidad de su ampliación, complementación y actualización al docente que profesaba la materia.

Debe evitarse, combatirse, la permanencia del inmovilismo si se quiere lograr superación en la eficiencia de las funciones magisteriales. Superación que finalmente se traducirá en una mayor elevación del nivel profesional.

Se da el caso de que el programa de un curso es reproducido con frecuencia en ciclos posteriores. Correcto, si el caso lo amerita. Sin embargo, los programas deben irse modernizando correlativamente con los nuevos adelantos en la materia de estudio, pa

ra la cual son diseñados, y en base al empleo de los recursos educativos, tecnológicos y metodológicos acordes con el contexto pedagógico vigente.

Considerando que no siempre las condiciones son las mismas, ni los alumnos tampoco, cualquier estudio y análisis de los programas, ya sean antiguos, presentes o propuestos, debe considerar los primordiales aspectos industrial, académico, pedagógico y didáctico; puesto que todos se entrelazan y no pueden considerarse aisladamente. Y, para evitar rezagos académicos, la solución es, la planeación permanente. Un programa debe planificarse continuamente cuantas veces sea requerido por las necesidades que fija el progreso educativo, el de la ciencia y la tecnología.

La razón del planeamiento constante se hace evidente porque cada programa antecedente debe servir de base para cada futuro curso impartido, así como también de pauta para noveles maestros y alumnos.

Finalmente, dicho planeamiento dejará sentir su influencia en la vida productiva de los egresados, al ser medio para robustecer la capacidad profesional.

Por otra parte, mencionaremos que los adelantos tecnológicos en la computación han dado enorme impulso a la Ingeniería de Reactores. Dada la disponibilidad de nuevo instrumental de cómputo, ha sido posible conseguir el perfeccionismo y modernización en métodos de investigación de la Fisicoquímica de cinética de reacciones.

Como efecto, ahora pueden explicarse desde el punto de vista

teórico, temas y problemas que con anterioridad ni siquiera eran comprendidos en su totalidad, como los mecanismos de reacción.

Los microcomputadores y microprocesadores han permitido por primera vez en la historia, realizar un completo control del proceso, aún en el interior de los reactores químicos, proporcionando tal precisión en la determinación de datos experimentales, que se ha logrado obtener la consiguiente automatización.

Todo lo anterior, ha contribuido grandemente a que al ser llevados a la realidad los programas, las adaptaciones efectuadas por los docentes, concedan una vasta perspectiva teórica y aplicación inmediata de la materia, facilitando una compenetración nunca antes concebida.

Categorícamente, esto es lo que ha caracterizado a los programas contemporáneos. También, ha sido un rasgo distintivo entre programas antecedentes o precedentes que han existido en todas las épocas y los coetáneos, aparte de la forma de impartición.

Puede decirse que las singulares metodologías y técnicas empleadas por los catedráticos en la enseñanza de la Ingeniería Química VII y VIII, han sido el factor determinante en la renovación de los mismos, en contraposición a la del documento en sí.

Los profesores, más identificados con los cambios de la tecnología en un sentido práctico y de trabajo, han desarrollado diversos procedimientos para la docencia combinando su pericia con la experiencia de avezados autores de libros de texto. Aparecen así, diferentes posibles interpretaciones de un mismo programa, denotando la individualidad de enfocar la aptitud propia hacia el logro de los objetivos marcados por el programa, en los que al fi

nal todo converge.

Recordemos asimismo al aprendizaje no simplemente como un proceso intelectual, sino también emocional. El catedrático, empleando la disertación y actuando como condicionador emocional, hace atractivo el material a enseñar ocasionando que los discípulos se interesen en asimilarlo; desencadenando en consecuencia, su participación voluntaria mediante la motivación hecha al realizar las conveniencias e utilidad de aprender lo que expone o recomienda.

Por último, no podemos dejar de mencionar que las muy personales técnicas educacionales de cada maestro y las nuevas formas de enseñanza en la Ingeniería de Reactores que de ellos surgirán en el futuro, están y serán siempre asentadas sobre la libertad de cátedra. La cual, es imprescindible y conlleva una seria responsabilidad ante la sociedad, ante el Estado y está relacionada con el régimen jurídico de la propia universidad o institución en particular.

Afrontando los hechos con verdad, debemos reconocer que el programa vigente si bien se relaciona con el sistema productivo y la estructura social de México, todavía no se ha adecuado completamente a los requerimientos concretos de los sectores productivos. Por tal causa, la revisión y actualización de planes y programas de estudio es un proceso muy necesario, así como también el que deba ser incesante y perenne.

Es preciso el perfeccionamiento de los sistemas de enseñanza-aprendizaje para promover una excelente respuesta del Sistema a las exigencias del crecimiento nacional.

Como extrapolación y en conexión al tema presentado en el capítulo 2, hemos de agregar el siguiente comentario, para mayor información del lector:

La industria química mexicana del momento, es ahora más que nunca competitiva en el campo del diseño y fabricación de reactores.

Existen en México empresas fabricantes de equipo para la industria que lo mismo construyen torres de destilación, o intercambiadores de calor, que reactores químicos, como: REPSA FABRICACION; METALVER, S.A.; COMERCIAL NAUTLA, S.A.; etcétera.

A pesar de esto, hasta la fecha, la mayor parte de este tipo de equipo continua siendo de importación. Contado número de compañías se dedica a su manufactura.

La desventaja en la paridad de la moneda mexicana frente al dólar y las medidas económicas impuestas por la crisis a nivel nacional e internacional, hacen notorios los altos costos de equipo e instrumental complementario a importar; posiblemente -si no intervienen otros factores-, resulte aún más viable su construcción dentro del país, creándose en un futuro no muy lejano, algunas otras empresas además de las existentes marcadas con antelación.

III. El análisis de las cartas descriptivas quedaría incompleto si no se incluyera el explícito tratamiento de las relaciones interdisciplinarias del capítulo tres. Entorno indispensable para ratificar la presencia de los estrechos vínculos que ligan a todas las áreas académicas u programáticas<sup>+</sup> con la Ingeniería de Reactores.

Obviamente, la aplicación del bagaje de información universitaria al trabajo industrial, determina la importancia de la correspondencia existente entre los conocimientos de todas las disciplinas que el estudio de la Ingeniería Química involucra.

En las industrias netamente químicas, el corazón del proceso generalmente son los reactores químicos, que se hayan interconectados con los demás equipos. Al estar en contacto con el proceso, el profesionista se da cuenta de la relevancia que adquieren las relaciones interdisciplinarias para poder operar y comprender en su totalidad dicho proceso. Sin embargo, este concepto usualmente se maneja en mayor grado a nivel académico o administrativo que a nivel educando. De ello deriva la formación de erróneas opiniones en los estudiantes respecto a la conveniencia y utilidad de ciertas materias, considerándolas obsoletas. No llegan a visualizar completamente la articulación entre los contenidos de los cursos y su trascendencia para el futuro cumplimiento de sus funciones como ingenieros químicos; ya sea en producción y operación de plantas, proyectos y diseño, investigación o enseñanza, etcétera.

---

<sup>+</sup> Al inicio del capítulo 3 se denotan cuales son las doce áreas consideradas y cómo están conformadas.



Frecuentemente olvidan el significado de la ingeniería como el arte de modificar la naturaleza al servicio de la sociedad. Y para modificar la naturaleza -carácter fundamental de la ingeniería- es menester, primero, conocerla, investigar en consecuencia las leyes que la rigen, e indagar el lenguaje en que éstas se manifiestan. Las ciencias físicas tienen por objeto, precisamente, el descubrimiento y enunciación de las leyes de la naturaleza; las matemáticas son su lenguaje. A eso se debe que ambas disciplinas constituyan la base estructural de todas las carreras de ingeniería y por tanto de la Ingeniería Química.

Como este claro ejemplo podrían citarse muchos otros, para sostener el criterio aquí considerado. Básico, es entonces, al preparar recursos humanos, concientizarlos desde el momento de su ingreso a la Facultad, de la existencia de tales enlaces y su razón de ser.

El que el educando comprenda lo que representan las interrelaciones entre las ciencias aprendidas, también le hará concebir una idea más positiva hacia la seriación académica. Notará que las materias consecuentes son la aplicación y confirmación de las precedentes, y así, el beneficio de seguir, de acatar la seriación programada para alcanzar la eficiencia del aprendizaje, ya que en este sentido, se haya bastante desubicado.

En muchas ocasiones, evade esa seriación rompiendo la continuidad en la concatenación de las enseñanzas recibidas. Cumple con la acreditación de asignaturas sólo por cubrir un requisito puramente académico. Debe remarcarse, que la carrera no debe ser estudiada como un fin para la realización individual sino como

la integración del individuo a la sociedad a que pertenece.

Por otro lado, la experiencia ha demostrado que si no tiene antes un contacto directo con las operaciones industriales, no lo grará entender del todo la transferencia entre lo aprendido en la Universidad y lo que ha de aplicarse en la práctica de la profesión.

Al respecto, los programas escuela-industria desempeñan una función decisiva y merecen por tanto, más atención, pues permiten la formación práctica del alumno mediante el trabajo, por un cierto período de tiempo, en el ambiente de la producción; y por que en ellos se localiza uno de los vitales núcleos para el desarrollo tanto de la industria como de los profesionales de la Ingeniería Química.

Para finalizar, resta aducir una observación importante: el futuro ingeniero químico llegará a ser un profesionalista competente, en cuanto haciendo uso correcto de su inteligencia, sepa interpretar esa interrelación de conocimientos en la ejecución de su trabajo, a fin de dar solución a dificultades imprevistas que deciden el momento para demostrar su habilidad profesional.

Y sobre todo, deberá mantenerse el día de los vertiginosos cambios que emergen en su especialidad, es obligatorio continúe aprendiendo toda la vida; el profesionalista de éxito, es el profesionalista actualizado.

Antagónicamente a este hecho, se presenta el de convertirse en tecnócrata, caracterizado por la arrogancia y el tono de suficiencia que suelen acompañar a sus decisiones y conducta en general. Situación deplorable y factible de prevenir si se tiene siem

pre presente que las tres capitales áreas formativas de una carrera como la Ingeniería Química son: la científica, la tecnológica y la humanística.

IV. A. Realmente se espera que la compilación bibliográfica contenida en la primera parte del capítulo 4, de enfoque funcional, sirva de gran ayuda -uno de los principales propósitos de su realización- a estudiantes y profesionistas de la Ingeniería Química, quienes requieren enterarse de la situación actual prevaleciente en la literatura (libros específicamente) de Ingeniería de Reactores Homogéneos.

A la fecha, no se dispone de ningún artículo o texto de esta categoría. Para salvar este escollo, pueden contar desde este momento, con una fuente verídica en este trabajo, a la cual recurrir para poder seleccionar rápidamente el o los libros que satisfagan sus necesidades de aprendizaje y/o consulta, y consiguientemente obtener información relevante concerniente a:

- Las obras más sobresalientes, las que no lo son y sus respectivos autores.
- Título, editorial, edición.
- Año de publicación, procedencia.
- Disponibilidad.
- Idioma en que están escritas.
- Extracto del índice.
- Análisis y valiosos comentarios del contenido, destacando los tópicos cuya esencia es significativa para los ingenieros.

También, la disposición cronológica en la bibliografía enumerada suministra:

- Una vista histórica relativa a la publicación y aparición de libros.
- Una clara visión de los avances en la Ingeniería de Reacto

res y su correlación con la época que dió lugar a su origen.

- Y los distintos sistemas didácticos empleados por los autores al explicar los temas, al expresar los conceptos.

Como se ha indicado en la primera parte del Cap. 4, la publicación de nuevos textos en ingeniería de reactores es mínima, y como ha podido advertirse, el material bibliográfico (libros) está integrado en su generalidad con ediciones norteamericanas.

Quien esté relacionado con el medio educativo y editorial, puede conocer o corroborar los móviles que provocan semejante situación. En todo caso, estos motivos ya fueron descritos en el interior del capítulo, siendo redundante repetirlos en este instante.

Con soporte en los datos aportados por la investigación, es lamentable decir que México carece de literatura (libros) en esta importante rama de la Ing. Química, a nivel nacional. Es forzoso incrementar el acervo con la presencia de obras de origen mexicano; sobre todo de libros verdaderamente prácticos. Considero que los ingenieros mexicanos poseen el intelecto suficiente para tratar y escribir el tema con la profundidad necesaria, e igualmente tienen un amplio sentido de investigación a todos los niveles; siendo ésta una eximia oportunidad para ingerir sus propias experiencias profesionales.

De otro modo, nunca se superará la dependencia de los países extranjeros; si no se procuran abarcar campos en los que la nación precisa de información elaborada.

Al presente, con el apoyo y facilidades de que dispone la

Facultad para imprimir sus propios textos, será posible editar los requeridos por la profesión y a la vez subsanar 2 problemas:

El primero, de importación, el cual representa pérdida de tiempo y dinero por la política que rige el mercado. El país proveedor impone su precio y tiempo de entrega al no tener competencia. El costo aumenta cada vez de modo alarmante, imposibilitando la adquisición de un solo volumen.

Segundo, a las bibliotecas, de limitados recursos, les es imposible solicitar una cantidad razonable de ejemplares de una misma obra a las compañías editoras, porque simplemente deben cubrirse bastantes áreas de estudio.

En lo que atañe a la Ingeniería de Reactores, hacen falta publicar temas como los propuestos a continuación:

1. Problemas sobre diseño de reactores químicos.
2. Principales servicios y su tecnología para un reactor químico.
3. La computación en el diseño de reactores.
4. Aspectos de diseño mecánico, instrumentación, economía y costos, seguridad y mantenimiento, etcétera, en reactores químicos. (No existe un libro que unifique en su contenido estos aspectos. Las obras especializadas que abordan los tópicos lo hacen en forma muy generalizada o superficial, concediéndoles poca atención.

En síntesis, este tipo de información se haya dispersa en varios textos; una recopilación en un solo tomo de la información proporcionada en todos ellos, constituiría un provechoso e útil manual. Incluso, dicho epítome podría ser anexo dentro de la obra que tratara lo tocante al diseño de proceso o diseño químico del reactor o sería una obra complementaria como se está sugiriendo).

5. Para concluir, un prontuario de literatura química en Ingeniería de Reactores tal como el hecho en la primera parte del Cap. 4, representaría un instrumento de gran valor. Por supuesto, comprendería lo referente a reactores homogéneos y heterogéneos.

Obras de este género, llenarían un lugar necesarísimo dentro de la literatura profesional en Ingeniería Química.

IV. B. Un problema implícito e insoslayable en la planeación y preparación de un programa de curso, lo constituye la selección de el o los libros de texto, herramientas indiscutibles para su consecución.

La segunda sección del capítulo 4 trató generosamente el tópico. Donde, destacándose la importancia que representa su acertada elección en la labor de instrucción y la formación del profesionista en general, se sugieren los más convenientes para el programa propuesto. Tres alternativas en concordancia con el temario expuesto<sup>++</sup>.

Indudablemente, esta selección solamente fué posible mediante el análisis, valoración y síntesis previa de la información bibliográfica disponible en la disciplina de Ingeniería de Reactores (Cap. 4, primera parte).

Gran cantidad de las publicaciones recientes abocadas al asunto, son textos avanzados, para estudios de postgrado; ofrecen enfoques teórico-metodológicos muy diversos y complejos que implican un nivel de conocimientos superiores a licenciatura para su debida interpretación. Esta dificultad limitó enormemente las acciones emprendidas y fué entre muchas, una de las razones de haber preferido a los autores Hill, Holland y Smith, como los más acordes a las finalidades perseguidas.

---

<sup>++</sup> Para el último tema del programa, con elementos que no suelen figurar en las obras comunes de enseñanza para la Ingeniería de reactores, se ha proporcionado como parte de la bibliografía de dicho programa, una lista de obras selectas abordando su estudio con carácter de practicidad.



Los volúmenes propuestos, al conjuntar características que satisfacen requisitos educativos y técnicos, son incomparables ayudas pedagógicas para su uso en las aulas.

Otorgan un lenguaje propio y difuso permitiendo la claridad de entendimiento en la materia. Conceden en una equilibrada estructura la conexión directa entre los aspectos teóricos y su aplicación concreta y efectiva; un tratamiento flexible, dinámico y actualizado; desarrollan los principios de la Cinética Química para el posterior estudio de la Ingeniería de Reactores y los relaciona con problemas específicos; la presentación de los conceptos, el despliegue de las fórmulas y los ejemplos de aplicación respectivos se exponen, sistemáticamente, de forma que las dificultades se simplifiquen; a esto hay que añadir el uso cuidadoso de gráficos y tablas de información diversos, así como una gama de problemas propuestos capítulo tras capítulo con el propósito de estimular al estudiante; e incluyen una extensa bibliografía sobre las publicaciones más importantes que se han dado a conocer con respecto a la asignatura, para facilitar subsiguientes estudios o consultas.

En ellos, la experiencia acumulada por los autores durante varios años de estudio es aprovechada al máximo para beneficio del lector; el cual al obtenerla de igual forma, notará posteriormente a su lectura lo importante de ciertos argumentos que anteriormente contemplaba con trivialidad y desinterés. En tal caso, se habrá cumplido uno de los varios objetivos que este trabajo se planteó.

Puesto que cada cabeza es un mundo, la selección de un libro

como el mejor auxiliar docente puede no serlo para otro entendimiento, en ese caso, esto ha sido suficiente motivo para adscribir innumerables obras de consulta en el capítulo 6, en las que el colegial o profesionista, hallará el desarrollo de los diferentes temas de la Ingeniería de Reactores adaptables a su personal discernimiento.

Mi experiencia como estudiante, me ha permitido el escoger estos libros, por ser fuentes perdurables que, además de contener las bases obligatorias de teoría científica, cubren aquellas cuestiones suplementarias imposibles de estudiar cabalmente en un semestre, y que son sumamente esenciales para complementar la formación universitaria.

Si bien se habla particularmente de la selección de apoyos didácticos, la sección 2 del capítulo 4, contiene implícitamente un caudal de información a modo de suministrar una guía en procedimientos a seguir en la opción de cualquier obra de texto para licenciatura.

Se describen explícitamente, las características elementales que debe tener, así como las consideraciones para lograr una óptima elección. Esto, es de especial interés, por que no hay material de referencia al respecto.

En relación a lo último, puede apuntarse que en la futura búsqueda de buenos libros, nuestro ideal será encontrar o crear un texto de Ing. Química o especialmente de Ing. de Reactores que reúna para su enseñanza y aplicación industrial, los siguientes tres aspectos propuestos:

- 1) Deberá contener todas las facetas científicas, que aun-

que no son de aplicación inmediata en la industria, sí conceden una explicación lógica y formal de los fenómenos o procesos. Quizás convenga aclarar que, estas teorías en un futuro cercano, podrían ser modificadas por nuevas especulaciones en el ramo científico. En suma, estos conocimientos no son absolutos.

2) Un libro de ingeniería debiera plasmar en sus páginas material de consulta. Datos experimentales, ciertas experiencias y prácticas de la industria; convirtiéndose así en manual de diseño y construcción de tipo industrial con el extraordinario mérito didáctico que encierra en sí mismo, facultando al ingeniero a aprender y capacitarse con respecto a las modernas técnicas surgidas en su trabajo.

Hablundo de datos experimentales, éstos pueden ser: datos físicoquímicos actualizados, condiciones básicas de temperatura, presión y volumen para el buen funcionamiento de determinados procesos, materiales y especificaciones de construcción para reactores, diseño de equipo real, etcétera.

Debe tenerse presente que datos de origen industrial son muy difíciles de obtener en forma particular. Estos resultados son el fruto de pruebas llevadas a cabo en equipos e instalaciones costosas, por lo cual exclusivamente el personal que labora en la empresa está autorizado para su uso. Ordinariamente, los datos así obtenidos representan el adelanto tecnológico y superioridad de la compañía sobre sus competidores, de ahí su restricción.

En antítesis, empleando los medios convenientes, es posible conseguir el permiso correspondiente para su reproducción en alguna publicación, bajo algunas condiciones.

El buen uso y transmisión de estos conocimientos, sin dañar

los intereses de las empresas ni los de otros profesionistas, es lo que constituye parte de la ética formal de todo ingeniero químico.

3) El ser un auxiliar para laboratorio, configura otra parte imprescindible de todo texto de Ing. Química. Debe adjuntar la descripción de métodos básicos de laboratorio, experimentos reproducibles cifiéndose a las especificaciones del autor que proporcionarían valiosos datos; y, recursos y procedimientos aplicables a la solución de complicados problemas de producción u obtención de productos químicos.

IV. C. Los nuevos planteamientos en el sistema educativo de la Facultad, en el área de Ingeniería Química, son factor importante para la prosperidad social y económica de la nación, en vista de que sus graduados actuarán a lo largo del proceso económico en el sector de la producción, planificando y conduciendo la racional conjugación de todos sus elementos.

Por ello, se han concertado activos mecanismos magisteriales en esta área tratando de allanar la problemática del descenso en el nivel académico, pues al bajar éste, los profesionales llegan a carecer de fundamentos para realizar actividades creativas dentro de la industria.

Orientadas a elevar ese nivel, han surgido como respuesta del sistema, las reformas curriculares, trabajos necesarios para promover los cambios pertinentes en el currículo de la carrera y por consecuencia, en sus partes integrantes, que son las cartas descriptivas o planes de curso.

Dada la evolución continua de los conocimientos químicos, es lógico que su enseñanza entrañe el efectuar modificaciones ininterrumpidas. En este mundo de rápidos avances tecnológicos, se ha agudizado más que nunca la necesidad de crear programas de estudio más dinámicos y apropiados a los requerimientos de nuestra industria.

Entonces, el análisis, la reestructuración y la actualización de los programas, se convierten en componentes indubitables de dicho proceso, para que fructíferamente conduzcan a los resultados deseados.

El programa propuesto en esta tesis (último apartado del Ca-

pítulo 4), verdaderamente pretende ser el medio para colaborar con tales iniciativas y formar parte de ese proceso.

Materias de especialización como la Ingeniería de Reactores, constituyen el reactivo cultural utilizado para obtener de los alumnos los frutos educativos esperados. Su enseñanza significa comprender que los progresos en la materia, en su tecnología, implicarán hacer constantemente transformaciones en el programa del curso. Debe procurarse conocer lo antes posible estos adelantos a fin de que cuando el producto de las aulas universitarias se incorpore a la práctica de su profesión, estén preparados para adaptarse debidamente a las necesidades de la producción.

Por ende, un programa bien planeado e implantado devenga con creces la inversión de trabajo.

Los programas son los medios imprescindibles a través de los cuales, y en la medida de sus posibilidades, la Facultad realiza los objetivos de la educación superior, en el entorno demarcado por la Ingeniería Química, causa suficiente para que en el programa propuesto, se haya procurado dar una orientación general y una estructura que permita alcanzar este propósito.

El esquema indicativo de programa, intenta ser solamente un punto de partida que permita: preservar la continuidad de los programas de Ing. de Reactores en actual desarrollo; abordar problemas que requieren urgente solución; realizar los estudios indispensables y coadyuvar con la infraestructura de planeación permanente; en síntesis, favorecer al sistema progresivamente y sobre su marcha.

Asimismo, mantiene a) congruencia externa, esto es, el per-

fil académico y sus objetivos guardan relación con las necesidades, características y condiciones de los contextos educativo e industrial. b) congruencia interna, o sea, sus objetivos están relacionados directamente con las acciones y recursos de la Facultad. c) y su contenido, consigna: los puntos fundamentales del objeto de estudio; los instrumentos conceptuales que ayudan a identificar, examinar y solventar los problemas reales del diseño de reactores químico-industriales; metodologías diferentes y últimos avances; flexibilidad en su enfoque por su estructura y planteamiento pedagógicos; sugerencias sobre aquellas formas, métodos y técnicas docentes; alternativas actualizadas para el trabajo en las aulas; e incluye temas novedosos y modernos, esenciales para actualizar la preparación del ingeniero químico.

Con el programa, se trata de establecer un mayor acercamiento con la realidad que estamos viviendo.

Es pertinente señalar que, todo contenido académico de un programa o plan de estudios repercutirá inmediatamente en el tipo y calidad de personal que está siendo preparado, y del cual dependerá en menor o mayor grado el progreso tanto individual como colectivo de todos los individuos que integramos este país.

Pero también es verdad, que cualquier programa, por muy bien proyectado que éste sea, siempre resultará inútil si el educando no toma total conciencia de su responsabilidad.

La tercera parte del capítulo 4, podría haberse circunscrito a la simple exposición del programa, y en todo caso, al temario únicamente, pero eso hubiera sido demasiado limitativo para el trabajo que representa una tesis. Era necesario plantear primero las

bases y ulteriormente exponer el modelo propuesto, para lo cual se consultaron obras de autores especialistas en asuntos educativos, entregándose de esta forma, un programa completo fundamentado en los aportes pedagógicos más recientes y las últimas experiencias en la enseñanza. En rigor, el programa sigue todas las reglas que marca la pedagogía y la didáctica para estructurar un plan de curso. Describe detalladamente los componentes de esa estructuración y cómo se conforman. En síntesis, se proporciona una guía -tan indispensable para el profesional que se inicia en las tareas docentes- en la preparación del plan de curso.

Los métodos y criterios descritos, no deben ser considerados como los únicos que pueden ser efectivamente usados.

No ha sido la intención proponer directivas y términos definitivos para la enseñanza de la Ing. de Reactores, sino más bien sugerir procedimientos prácticos y estimular los procesos del pensamiento.

Estos criterios y métodos pueden ser sustituidos o complementados con otros muchos y combinados en muchos casos y de diferentes maneras, por cualquier maestro poseedor del don de la enseñanza con imaginación creadora, evitando así, las tradicionales formas de transmisión del conocimiento que, además de limitar las posibilidades del aprendizaje, dan lugar a actitudes pasivas en el estudiante.

Para finalizar, con amparo en una investigación hecha entre ex-alumnos, cuando se habla de la función de la Universidad en torno a su relación con la industria, se confirmó el interés mostrado por el aprendizaje de los nuevos temas sugeridos en el programa propuesto.



Declaran que esa preparación puede llevarse a cabo en la Facultad, durante los estudios profesionales.

Estos temas no suelen ser problemas numéricos, sino cuestiones teórico-prácticas que relacionan los hechos e ideas tratados, ampliando la perspectiva de la profesión en el campo de trabajo.

Luego resulta oportuno, sugerir la adquisición de material bibliográfico acerca de dichos temas, por parte de la biblioteca de nuestra Facultad. Indudablemente acrecentarían positivamente el acervo disponible.

En cuanto al temario del programa, podrían suprimirse las dos primeras unidades -previo sondeo de los alumnos- con el objeto de profundizar en los tópicos sugeridos de los temas 5, 6 y 10.

V. El propósito del capítulo 5, ha sido recabar y difundir información del estado que hasta el momento guardan, los planes de estudio correspondientes a la carrera de ingeniero químico, llevados a cabo por todos los centros superiores en el país.

Por constituir una preocupación de primera importancia, el conocer los diferentes perfiles de la profesión a nivel nacional, se decidió anexar en la tesis, una recopilación de los mismos, ayudando a situar el plan establecido por la UNAM a través de la Facultad en relación con el de otras instituciones.

La riqueza y pluralidad de alternativas educacionales presentadas, permite apreciar y valorar el panorama de las distintas estrategias adoptadas por cada institución para cubrir las demandas de la nación en el área de Ingeniería Química.

En base a investigaciones previas, régimen jurídico y de acuerdo a la doctrina institucional, los planteles superiores dan a la carrera la estructura más adaptable a los requerimientos locales, regionales y nacionales. Así, las variadas configuraciones de planes de estudio concebidas por todas las universidades e institutos de enseñanza superior, conceden la mejor preparación y adaptación para el trabajo industrial en el que se va a desenvolver el profesionista.

Aunque difieren en cuanto a interpretación y conformación general, todos los planes están diseñados y convergen hacia el logro de un propósito: preparar y proporcionar profesionales capaces de contribuir con la planta productiva en mejoramiento de la capacidad nacional y autodeterminación tecnológica.

El sucinto estudio mostrado al principio del citado capítulo

quinto, se piensa haya esclarecido y destacado el significado que reviste un plan de estudios. Nunca debe ser contemplado meramente como un impreso de carácter informativo. Aparte de representar para los educandos un gran conjunto de adquisiciones, es un documento educativo que desempeña un papel central al ser el medio para distinguir tanto el grado de avance o retroceso con respecto a los objetivos deseados, como las metas por alcanzar y el efecto de las disposiciones implantadas.

En el compendio de planes, subsecuente a dicho estudio, es factible encontrar información implícita referente a la forma de organización de cada centro de estudios, como lo es: el número de opciones institucionales; las asignaturas impartidas en cada ciclo (teorías y laboratorios); su distribución y secuencia dentro de los períodos lectivos; disciplinas optativas; duración del proceso escolarizado; tiempo señalado para cada etapa de ese proceso (trimestral, cuatrimestral, semestral o anual); diferentes orientaciones en Ing. Química (Industrial, petrolera, procesos, etcétera).

Una revisión y análisis integrales de esta compilación de planes de estudio, permitirá establecer una comparación objetiva entre los esquemas opcionales ofrecidos, localizando así las áreas faltantes por complementar y determinando la viabilidad para la creación de nuevas licenciaturas.

Conforme progresa la técnica industrial, se abren más posibilidades de trabajo en la industria química, acrecentándose y diversificándose los campos de estudio y de acción de los profesionales constantemente.

En concreto, es preciso considerar nuevos enfoques en la Ingeniería Química, áreas prioritarias para mejorar la adaptación de la educación a las exigencias contemporáneas.

Se trata de un asunto de enorme magnitud que demanda una mayor investigación específica, pero que escapa a los límites del presente trabajo de tesis. Sin embargo, el capítulo 5 ha tenido como carácter básico, el apoyar la labor de la Facultad en conexión con el establecimiento de nuevas especialidades.

Para terminar, un examen personal que el lector haga del cuadro de modelos universitarios, dará origen a la emisión de juicios de valor o críticas constructivas que ayudarán ostensiblemente a esa tarea educativa.

El material escrito y todas las conclusiones de esta tesis, han permitido identificar algunas problemáticas, analizarlas y explicarlas mediante información relevante.

Tengo la confianza de que harán pensar a los lectores lo suficiente como para tener puntos de referencia que hagan brotar nuevas ideas u opiniones diferentes, e inclusive profundizar en cualquiera de los tópicos tratados.

Espero haber sembrado la semilla que los motive fuertemente para que pongan su grano de arena, después de haberse servido de las propuestas que aquí se transcriben, dando así pauta para la realización de uno o más estudios o investigaciones minuciosas relacionadas con las ideas expuestas, pues se han definido los puntos básicos que constituyen áreas en las que se requiere de un esfuerzo especial.

Agradezco al lector que haya llegado al final de este trabajo, esperando muy sinceramente, le haya servido de ayuda para resolver algunas de sus dudas e inquietudes.

**CAPITULO No. 7 .**

**INFORMACION BIBLIOGRAFICA**

El presente capítulo ha sido intitulado "Información Bibliográfica" y no simplemente "Bibliografía" como suele hacerse ordinariamente, con el fin de dar un cariz diferente al asunto. Un nuevo giro, que en contraste con lo tradicional, estriba en no confirirse exclusivamente en dar a conocer las fuentes de información empleadas durante la realización de la tesis, sino complementar con un acopio de varias referencias relativas a la Cinética Química e Ingeniería de Reactores, que tiene el expreso propósito de a ayudar al enriquecimiento del acervo personal en dichas materias, pues pocas serán las personas que no hayan experimentado alguna vez, la torturante angustia de no encontrar el libro adecuado que satisfaga sus necesidades de saber.

Lógicamente, todo el enfoque anterior, presupone la división de este capítulo en dos secciones, a saber:

La primera parte, comprenderá el material bibliográfico utilizado para la elaboración del trabajo y que, para mayor claridad, se ha agrupado y ordenado en las siguientes categorías:

- A. Libros de la materia
- B. Publicaciones periódicas
- C. Tesis recepcionales
- D. Otras fuentes.

La segunda sección, presenta un listado de obras que no pretende agotar la literatura existente, sino proporcionar las más sobresalientes y selectas en el campo de la Cinética de Reacciones y el Diseño de Reactores. Estos textos contienen amplias reseñas bibliográficas al final del libro o de cada capítulo, para

los estudiantes y profesionales que deseen conocimientos más profundos, por tanto, pueden sugerirse como lecturas complementarias.

Esta última sección, incluye también un apartado final denominado "Obras de Interés", que cubre algunas importantes publicaciones afines con la tecnología de reactores.

Hechas todas las aclaraciones pertinentes, pongo a su consideración en las páginas siguientes, los apoyos bibliográficos referidos.



## I. FUENTES DE REFERENCIA CONSULTADAS

### I. A. Libros

1. Alonso, Marcelo y Finn, Edward J.  
Física General, Ed. Fondo Educativo Interamericano, México 1976.
2. Aris, Rutherford.  
Elementary Chemical Reactor Analysis, Ed. Prentice Hall, E.U.A. 1969.
3. Aris, Rutherford.  
Introduction to the Analysis of Chemical Reactors, Ed. Prentice Hall, E.U.A. 1965.
4. Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior (autor y editor), Enseñanza de la Ingeniería, México 1962.
5. Avanzini, Guy.  
Inmovilismo e Innovación en la Escuela, Ed. Alhambra, México 1983.
6. Banco de México, S.A. (autor y editor).  
La Estructura Industrial de México en 1960, México 1967.
7. Banco Nacional de Comercio Exterior, S.A. (autor y editor).  
México 1976: Hechos, cifras, tendencias, México 1976.
8. Beard, Ruth.  
Pedagogía y Didáctica de la Enseñanza Universitaria, Ed. Alhambra, México 1983.
9. Besnard, P. y Liétard, B.  
Educación Permanente, Ed. Alhambra, México 1983.
10. Blanco, Jesús. y Linarte, Ricardo.  
Diseño de Reactores Químicos, Ed. Trillas, México 1978.

11. Brioux, Jorge A.  
El Desarrollo Histórico de la Tecnología Química, en "Memorias del Tercer Seminario Latinoamericano de Química", Ed. UNAM, México 1970.
12. Brötz, Walter.  
Fundamentals of Chemical Reaction Engineering, Ed. Addison Wesley, E.U.A. 1965.
13. Brown, J.W., Lewis, R.B. y Harcelroad, F.F.  
A-V Instruction Materials and Methods, Ed. Mc Graw-Hill, E.U.A. 1964.
14. Brownell, E. y Young, E.H.  
Process Equipment Design, Ed. John Wiley, E.U.A. 1959.
15. Butt, John B.  
Reaction Kinetics and Reactor Design, Ed. Prentice Hall, E.U.A. 1980.
16. Carberry, James J.  
Chemical and Catalytic Reaction Engineering, Ed. Mc Graw Hill, E.U.A. 1976.
17. Castellan, Gilbert W.  
Fisicoquímica, Ed. Fondo Educativo Interamericano, México 1974.
18. Centro de Investigaciones y Servicios Educativos de la UNAM.  
Curso de sistematización de la enseñanza, Ed. UNAM, México 1975.
19. Cliffs, E.  
The Teacher and Overhead Projection, Ed. Prentice Hall, E.U.A. 1965.
20. Coulson, J.M. and Richardson, J.F.  
Chemical Engineering, Vol 3, Ed. Pergamon Press, Great Britain 1979.

21. De la Peña, Ramón.  
Introducción al Análisis Ingenieril de los Reactores Químicos, Ed. Limusa, México 1981.
22. Denbigh, Kenneth.  
Teoría del Reactor Químico, Ed. Alhambra, México 1968.
23. Drumheller, Sidney J.  
Handbook of Curriculum Design for Individualized Instruction, Ed. Educational Technology Publications, E.U.A. 1971.
24. Eisburg, Robert M. y Lerner, Lawrence S.  
Física, Ed. Mc Graw-Hill, México 1984.
25. Eudean, Power L.  
Ideas Fundamentales en la Enseñanza de las Ciencias, Ed. Limusa, México 1980.
26. Escudero, Juan M.  
Modelos didácticos. Planificación sistemática y autogestión educativa, Ed. Alhambra, México 1983.
27. Froment, Gilbert F. and Bischoff, Kenneth B.  
Chemical Reactor Analysis and Design, Ed. John Wiley, E.U.A. 1979.
28. Fry, T.F.  
Ordenadores, Ed. Alhambra, México 1981.
29. Gicquel, B.  
El Comentario de Textos y la Disertación, Ed. Alhambra, México 1983.
30. Giral, José y González, Sergio.  
Tecnología Apropiaada, Ed. Alhambra, México 1980.
31. Glazman, R. e Ibarrola, María.  
Diseño de Planes de Estudio, Ed. UNAM, México 1978.

32. Hill, Charles G.  
An Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design, Ed. John Wiley, E.U.A. 1977.
33. Holland, Charles D. and Anthony, Rayford G.  
Fundamentals of Chemical Reaction Engineering, Ed. Prentice Hall, E.U.A. 1979.
34. Hougen, Olaf A. and Watson, Kenneth N.  
Chemical Process Principles, Vol 3, Ed. John Wiley, E.U.A. 1949.
35. Instituto Mexicano del Petróleo. (autor y editor).  
Desarrollo y Perspectivas de la Industria Petroquímica, México 1977.
36. Jenson, V.G. y Jeffreys, G.V.  
Métodos Matemáticos en Ingeniería Química, Ed. Alhambra, México 1969.
37. Johnson, Harold T.  
Currículum y Educación, Ed. Troquel, Argentina 1970.
38. Kapfer, Miriam B.  
Behavioral Objectives in Curriculum Development, Ed. Educational Technology Publications, E.U.A. 1971.
39. Kaufman, Roger A.  
Planificación de Sistemas Educativos, Ed. Trillas, México 1977.
40. Lapidus, Leon and Amundson, Neal R.  
Chemical Reactor Theory, Ed. Prentice Hall, E.U.A. 1977.
41. Kager, Robert P.  
La confección de Objetivos para la Enseñanza, Ed. Guajar do, México 1975.
42. Mialaret, Gaston.  
Ciencias de la Educación, Ed. Alhambra, México 1983.

43. Moreno Bayardo, Lm. Guadalupe.  
Didáctica, fundamentación y Práctica, Vol. 1 y 2, Ed.  
Progreso, México 1984.
44. Morrison, Robert H. y Boyd, Robert W.  
Química Orgánica, Ed. Fondo Educativo Interamericano, Mé-  
xico 1976.
45. Patrón, Adolfo.  
La Industria Química en 1975-1976 y su Futuro, en "Memo-  
rias del IX Foro Nacional de la Industria Química" Ed.  
ANIQ, México 1976.
46. Perry, Robert H. and Chilton, Cecil H.  
Chemical Engineers' Handbook, Ed. Mc Graw-Hill, E.U.A.  
1973.
47. Rudd, D.F. y Watson CH. C.  
Estrategia en Ingeniería de Procesos, Ed. Alhambra, Mé-  
xico 1982.
48. Scheid, Francis.  
Introducción a la Ciencia de las Computadoras, Ed. Mc  
Mc Graw-Hill, México 1984.
49. Schweyer, H.E.  
Process Engineering Economics, Ed. Mc Graw-Hill, E.U.A.  
1955.
50. Solís, Leopoldo.  
La Realidad Económica Mexicana: Retrovisión y perspecti-  
vas, Ed. Siglo XXI, México 1970.
51. Stephenson, Richard E.  
Introducción a los Procesos Químicos Industriales, Ed.  
CECSA, México 1980.
52. Taba, Hilda.  
Elaboración del Currículo, Ed. Troquel, Argentina 1974.

53. Tyler, G. and Winter, C.H.  
Chemical Engineering Economics, Ed. Mc Graw-Hill, E.U.A.  
1969.
54. Tyler, Ralph W.  
Principios Básicos del Currículo, Ed. Troquel, Argentina  
1973.
55. Valiente Barderas, A. y Stivalot Corral, R.  
El Ingeniero Químico, ¿Qué hace?, Ed. Alhambra, 1980.
56. Wulfs, Stanley.  
Reaction Kinetics for Chemical Engineers, Ed. Mc Graw-  
Hill, 1959.
57. Watty, Margarita.  
Química Analítica, Ed. Alhambra, México 1982.
58. Weston, R.E. y Schwarz, H.L.  
Cinética Química, Ed. Alhambra, México 1976.

#### I. B. Publicaciones Periódicas

1. Asociación Nacional de la Industria Química (autor y editor).  
Anuario de la Industria Química de México, años: 1950,  
1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980, 1983.
2. Asociación Nacional de la Industria Química (autor y editor)  
Directorio de Empresas, productos y Servicios de la Indus-  
tria Química, años: 1950, 1960, 1970, 1980, 1984.
3. Banco de México, S.A. (autor y editor)  
Informe Anual, México 1955, 1965, 1975, 1982, 1983 y 1984
4. Dancomer, S.A. (autor y editor)  
Economic Panorama, mensual, México 1960, 1970, 1980, 1983  
y 1984.

5. Banco Nacional de México, S.A. (autor y editor)

Examen de la Situación Económica de México, mensual, México 1945, 1955, 1965, 1970, 1975, 1980, 1981, 1982 y 1984.

I. C. Tesis

1. Dazbaz, I., Dorantes, G., Rayo, A. y Stern, R.

Contribuciones al Análisis Profesional del Ingeniero Químico y a la Plmención de su educación, Tesis Profesional Facultad de Química, UNAM, México 1970.

I. D. Otras Fuentes de Información

1. Apuntes de clase correspondientes a las asignaturas de:

Ingeniería Química I a VIII, Tecnología de Servicios, Ing. Eléctrica e Ing. Mecánica, Facultad de Química, UNAM, México D.F.

2. Asociación Nacional de la Industria Química, Av. Vicente Suárez 13, México D.F.

3. Coordinación de la carrera de Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM, México D.F.

4. Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM, México D.F.

5. División de Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM, México D.F.

6. Instituto Mexicano del Petróleo, Av. Eje Central Norte Lázaro Cárdenas 152, México D.F.

## II. RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS

### II. A. Cinética Química

1. Andur, I. and Hummes, G.G.  
Chemical Kinetics: Principles and Selected Topics, Ed.  
Mc Graw-Hill, 1966.
2. Bamford, C.H. and Tipper, C.F.H.  
Comprehensive Chemical Kinetics, Vol. 1 "The Practice of  
Kinetics"; Vol. 2 "The Theory of Kinetics" y Vol. 24 "Mo-  
dern Methods in Kinetics", Ed. Elsevier Publishing Co.,  
1969 (Vol. 1 y 2), 1983 (Vol. 24).
3. Barret, Pierre.  
Reaction Kinetics in Heterogeneous Chemical Systems, Ed.  
Elsevier Publishing Co., 1975.
4. Benson, Sidney W.  
The Foundations of Chemical Kinetics, Ed. Mc Graw-Hill,  
1960.
5. Benson, Sidney W.  
Thermochemical Kinetics, Ed. John Wiley, 1976.
6. Boudart, M.  
Cinética de Procesos Químicos, Ed. Alhambra, 1974.
7. Churchill, Stuart W.  
The Interpretation and Use of Rate Data: The rate concept,  
Ed. Mc Graw-Hill, 1974.
8. Danckwerts, P.V.  
Gas-Liquid Reactions, Ed. Mc Graw-Hill, 1970.
9. Emanuel, N.M. and Knorre, D.G.  
Chemical Kinetics: Homogeneous Reactions, Ed. John Wiley,  
1973.



10. Friess, E.L. and Weissberger, A.  
Techniques of Organic Chemistry, Vol. 8: "Investigation of Rates and Mechanisms of Reactions", Ed. Interscience Publishers, 1961.
11. Frost, Arthur A. and Pearson, Ralph G.  
Kinetics and Mechanism, Ed. John Wiley, 1961.
12. Gardiner, W.C.  
Rates and Mechanisms of Chemical Reactions, Ed. Benjamin. 1969.
13. Glasstone, Samuel and Laidler, Keith J.  
The Theory of Rate Processes, Ed. Mc Graw-Hill, 1941.
14. Hammes, G.G.  
Investigation of Rates and Mechanisms of Reactions, Vol. VI, Ed. John Wiley, 1974.
15. Kondratov, V.H.  
Chemical Kinetics of Gas Reactions, Ed. Pergamon Press, 1964.
16. Laidler, Keith J.  
Chemical Kinetics, Ed. Mc Graw-Hill, 1950.
17. Lewis, Edward S.  
Investigation of Rates and Mechanisms of Reactions, Ed. John Wiley, 1974.
18. Moelwyn-Hughes  
Kinetics of Reaction in Solution, Ed. Oxford University, 1947.
19. Moore, John.  
Kinetics and Mechanism, Ed. John Wiley, 1981.
20. Pannetier, G. and Souley, P.  
Chemical Kinetics, Ed. Elsevier Publishing, 1967.

21. Penner, S.S.  
Chemical Reactions in Flow Systems, Ed. Butterworths,  
1957.
22. Semenov, N.N.  
Some Problems of Chemical Kinetics and Reactivity, Vol.  
1 y 2, Ed. Pergamon Press, 1958.
23. Wilkinson, Frank.  
Chemical Kinetics and Reaction Mechanisms, Ed. Reinhold,  
1979.

## II. B. Ingeniería de Reactores

1. Aris, Rutherford.  
The Optimal Design of Chemical Reactors, Ed. Academic  
Press, 1961.
2. Cooper, A.R. and Jeffreys, G.V.  
Chemical Kinetics and Reactor Design, Ed. Oliver and Boyd,  
1971.
3. Cremer, H. W.  
Chemical Engineering Practice, Vol. 8, Ed. Butterworths,  
1965.
4. Espenson, James H.  
Chemical Kinetics and Reaction Mechanisms, Ed. Mc Graw-  
Hill, 1961.
5. Fogler, H.S.  
The Elements of Chemical Kinetics and Reactor Calcula-  
tions, Ed. Prentice Hall, 1974.
6. Hougen, Olaf A.  
Reactor Kinetics in Chemical Engineering, Ed. AICHE, 1951.

7. Jordan, D.  
Chemical Process Development, Vol. 1, Ed. Interscience Publishers, 1968.
8. Kramers, H. and Westerterp, K.R.  
Elements of Chemical Reactor Design and Operation, Ed. Academic Press, 1963.
9. Levenspiel, O.  
The Chemical Reactor Omnibook, Ed. Oregon State University, 1979.
10. Oele and Rietema.  
Chemical Reaction Engineering, Ed. Pergamon Press, 1957.
11. Perlmutter, Daniel.  
Stability of Chemical Reactors, Ed. Prentice Hall, 1972.
12. Petersen, Eugene E.  
Chemical Reaction Analysis, Ed. Prentice Hall, 1965.
13. Pickett, David J.  
Electrochemical Reactor Design, Ed. Elsevier Publishing, 1977.
14. Rose, L.M.  
Chemical Reactor Design in Practice, Ed. Elsevier Publishing, 1961.
15. Shah, Yutish T.  
Gas-Liquid-Solid Reactor Design, Ed. Mc Graw Hill, 1979.
16. Wen, C.Y. and Fan, L.T.  
Models for Flow Systems and Chemical Reactors, Ed. Dekker, 1975.
17. Winssener, Karl y Weinmertner, Ernst.  
Tecnología Química, Ed. Gustavo Gili, 1954.

Obras Afines o de Interés

1. Aries, R.S. and Newton, R.D.  
Chemical Engineering Cost Estimation, Ed. Mc Graw-Hill, 1965.
2. Barnés, J. y King, C.J.  
Diseño de procesos con computadora, en "Memorias del Tercer Seminario Latinoamericano de Química", Facultad de Química, UNAM, México 1970.
3. Chilton, C.H.  
Cost Engineering in the Process Industry, Ed. Mc Graw-Hill, 1960.
4. Considine, Douglas M.  
Chemical and Process Technology Encyclopedia, Ed. Mc Graw-Hill; 1974.
5. Crowe, C.M.  
Chemical Plant Simulation, Ed. Prentice Hall, 1971.
6. Kirk, R.E. y Othmer, D.P.  
Enciclopedia de Tecnología Química, Ed. UTEHA, 1961.
7. Lapidus, Leon.  
Digital Computation for Chemical Engineers, Ed. Mc Graw-Hill, 1962.
8. Meissner, H.P.  
Process and Systems in Industrial Chemistry, Ed. Prentice Hall, 1971.
9. Molineux, F.  
Chemical Plant Design, Ed. Butterworths, 1963.
10. Ramírez, S.J.  
Utilización de Plantas Piloto en la adaptación de Tecnología, Revista IMIQ, pág.58, Febrero 1972.
11. Schmidt, R.G.

Practical Manual of Chemical Plant Equipment, Ed. Chemical Publishing Co., 1967.

12. Seinfeld, J.H. and Lapidus, L.  
Mathematical Methods in Chemical Engineering, Ed. Prentice Hall, 1974.
13. Sittig, M.  
Chemical Process Encyclopedia, Ed. Noyes Development Corp., 1968.
14. Vilbrandt, F.C. and Dryden, C.D.  
Chemical Engineering Plant Design, Ed. Mc Graw-Hill, 1961.