

El plan de estudios de Ingeniería Química en la Sede de Bogotá: evolución de sus principales características

El propósito del presente documento es doble. Por una parte, se consigna brevemente el origen y desarrollo de la carrera de Ingeniería Química en la Universidad Nacional — Bogotá y sus relaciones con la evolución histórica de esa disciplina a escala mundial. Por otra parte, se analizan las principales características de los planes de estudio vigentes en diversas épocas, haciendo especial énfasis en el perfil del profesional que se forma en Ingeniería Química mediante la aplicación de tales currículos. El tratamiento conjunto de estos dos temas nos lleva a importantes conclusiones, siendo la más relevante de estas la necesidad de replantearse cambios profundos en el plan de estudios con el objeto de mejorar la formación del ingeniero químico en el área del diseño, las aplicaciones y el control.

Creemos de esta forma aportar nuestras inquietudes a un debate que se debe dar alrededor de la escasa participación de la ingeniería nacional en los procesos de innovación tecnológica.

ARCESIO LOPEZ P.
Ingeniero Químico
Departamento de Ingeniería Química
Universidad Nacional de Colombia

DEFINICION Y EVOLUCION HISTORICA DE LA INGENIERIA QUIMICA

La ingeniería química tiene como objeto de estudio el desarrollo de procesos y el diseño y operación de plantas en los que los materiales sufren cambios en su estado físico, o químico en proporciones industriales. Esta disciplina, cuya aplicación es generalizada en las industrias de procesos, está fundada en los principios de la química, la física y las matemáticas. Las leyes de la físico-química y de la física gobiernan la factibilidad y la eficiencia de las operaciones de la ingeniería química. Los cambios energéticos, originados en consideraciones termodinámicas, tienen una particular importancia.

La ingeniería química es tan antigua como los procesos industriales. Su origen puede remontarse al uso que civilizaciones antiguas hacían de los procesos de fermentación y evaporación. Pero la moderna ingeniería química emergió con el desarrollo de las actividades químicas manufactureras en gran escala durante la segunda mitad del siglo XIX. A lo largo de su desarrollo como una disciplina independiente, la ingeniería química se ha orientado hacia la solución de problemas de diseño y operación de plantas industriales con operación continua.

La manufactura de productos químicos a mediados del siglo XIX consistía en modestas operaciones artesanales. El incremento en la demanda, la sensibilidad pública ante la emisión de efluentes tóxicos, y la competencia entre procesos que rivalizaban suministró los incentivos para una mayor eficiencia. Esto condujo, mediante la unión de artesanos, al surgimiento de empresas con mejores recursos para adelantar operaciones en mayor escala y causar así la transición de una industria artesanal a una industria basada en la ciencia.

El resultado de este cambio fue una demanda de químicos con conocimientos de procesos industriales, denominados en ese entonces químicos industriales o tecnólogos químicos. El término ingeniero químico se empezó a usar en forma general a partir de 1900. A pesar de su origen en la generación de productos químicos tradicionales, fue gracias a su papel en el desarrollo de la industria petrolera que la ingeniería química se estableció como una discipli-

na con características propias. La necesidad de plantas capaces de operar separaciones físicas en forma continua y con alto grado de eficiencia fue un desafío al que no pudieron responder los químicos o los ingenieros mecánicos tradicionales.

Un importante suceso en el desarrollo de la ingeniería química fue la publicación, en 1901, del primer texto sobre el tema, elaborado por George E. Davis, consultor británico. El texto se concentró en el diseño de partes para plantas que cumplieran operaciones específicas. La noción de un proceso manufacturero que consistía en diversas operaciones, tales como mezcla, evaporación y filtración, y la idea de que tales operaciones eran en esencia similares (cualquiera que fuese el producto), condujeron al concepto de "operaciones unitarias". Este fue enunciado inicialmente por el ingeniero químico norteamericano Arthur D. Little en 1915 y conformó la base de la clasificación de ingeniería química que dominó el tema durante los siguientes 40 años. El número de operaciones unitarias no es grande pero su complejidad aparece en la variedad de condiciones bajo las cuales dichas operaciones son conducidas.

De la misma forma en que una planta compleja puede ser dividida en operaciones unitarias básicas, así las reacciones químicas involucradas en los procesos industriales se pueden clasificar en ciertos grupos, o "procesos unitarios" (p. ej., polimerizaciones, esterificaciones y nitraciones), con características comunes. Esta clasificación en procesos unitarios trajo racionalización al estudio de la ingeniería de procesos.

LA INGENIERIA QUIMICA MODERNA

Con todo y lo valioso que fue el enfoque unitario de las operaciones de una planta industrial, dicho enfoque sufría de las desventajas inherentes a tales clasificaciones: era una visión restringida basada superficialmente en las prácticas existentes. Desde la II Guerra Mundial se comenzaron a examinar más profundamente los fenómenos fundamentales involucrados en las diversas operaciones unitarias, llegándose a demostrar que éstas dependían de las leyes básicas de la transferencia de masa, de calor y del flujo de fluidos. Esto ha suministrado unidad a las diversas operaciones unitarias y ha conducido al desarrollo de la ingeniería química como una ciencia técnica con toda propiedad, hasta el punto que se han realizado muchas aplicaciones en campos por fuera de la industria química tradicional.

El diseño de muchas operaciones exige que se consideren simultáneamente aspectos de transferencia de masa, transferencia de calor y flujo de fluidos. Desde hace algunos años se ha reconocido que tales aspectos pueden ser, a su vez, analizados de una manera unitaria, lo cual ha estimulado el surgimiento de un nuevo tema: los fenómenos de transporte.

Los más recientes avances en ingeniería química están relacionados con el estudio de las propiedades de fluidez de los sólidos convertidos en polvo;

con la aplicación de la cinética química, en conjunto con los fenómenos de transporte y la termodinámica, al diseño de reactores industriales; con la optimización de los procesos industriales gracias al advenimiento de los computadores digitales y al diseño de técnicas matemáticas complejas, y con el mejoramiento de los sistemas de control automático y computarizado de algunos parámetros independientes tales como temperatura, presión, acidez y composición química.

Los principios fundamentales de la ingeniería química se extienden más allá de los límites de la industria química. Consecuentemente, los ingenieros químicos son empleados en la actualidad en un amplio rango de actividades no tradicionales. Los plásticos, los polímeros y las fibras sintéticas implican problemas de ingeniería de las reacciones químicas. La fabricación de pulpa y de papel involucra consideraciones de flujo de fluidos y de transferencia de calor. La industria farmacéutica presenta problemas de ingeniería química en la fabricación de drogas modernas. La industria nuclear hace similares demandas al ingeniero químico, particularmente en la producción y en el reprocesamiento del combustible. En el procesamiento de metales, desde la fabricación del acero hasta la separación de metales raros, los principios de la ingeniería química suministran elementos comunes.

Otras aplicaciones de la ingeniería química se encuentran en la industria de combustibles. Y mirando un poco hacia el futuro, es muy probable que la ingeniería química suministre la solución definitiva por lo menos a dos problemas de importancia mundial: suministro de agua fresca y potable en todas las regiones mediante la desalinización del agua de mar, y control ambiental mediante la prevención de la contaminación.

ORIGENES Y DESARROLLO DE LA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL — BOGOTA

Los estudios de ingeniería química se organizaron por primera vez en la Universidad Nacional en el año de 1939 mediante el Acuerdo No. 26 del Consejo Directivo de la Universidad, el cual establecía a partir de ese año el p^{er}sum para obtener el título de Doctor en Ciencias Químicas y de Doctor Ingeniero-Químico.

De acuerdo con la reglamentación de ese momento, quienes cursaban los primeros cuatro años y aprobaban los exámenes de reválida recibían el título de Diplomado en Ciencias Químicas. El Doctorado en Ciencias Químicas era un grado superior al de diploma y sólo se conseguía cuando se presentaba exitosamente una tesis original e inédita. Los diplomados o doctores podían ser habilitados para la enseñanza mediante cursos de pedagogía y metodología, y después de dictar cursos de Física o Química bajo controles adecuados.

Se preveía en esta reglamentación del año 1939

que cuando se tuvieran las instalaciones de tipo semiindustrial necesarias se organizaría un año de especialización industrial en colaboración con la Facultad de Ingeniería. Aquellos diplomados o doctores en Ciencias Químicas que lo cursaran y presentaran las reválidas pertinentes obtendrían el título de Diplomado Ingeniero-Químico o el de Doctor Ingeniero-Químico, respectivamente. La imposibilidad de contar con las instalaciones semiindustriales en un corto plazo impidió la materialización del año de especialización en ingeniería química, por lo que no se concedieron jamás los títulos previstos en este acuerdo.

Sólo casi 10 años después, a finales de 1948, se retoma el tema y se reglamentan los estudios de ingeniería química en la entonces denominada Facultad de Química, mediante el Acuerdo No. 193 del Consejo Directivo de la Universidad. Es de suponer que ya habían sido superadas las limitaciones en equipos y elementos necesarios para formar ese nuevo tipo de ingenieros, por lo que se establece a partir de 1949 un plan de estudios, en apariencia independiente, pero de hecho muy ligado a la especialidad que le daba origen: la química.

Esa estrecha vinculación se manifiesta en el hecho de que quienes hubieran aprobado los cursos regulares de los cuatro primeros años de ingeniería química, con algunos cambios menores fijados reglamentariamente en ese mismo acuerdo, podían obtener el título de Químico y posteriormente el de Doctor en Ciencias Químicas. Se organizaron, asimismo, cursos complementarios para aquellos que habiendo terminado sus estudios de química querían obtener el título de Ingeniero Químico, lo cual permitió que en 1951 se graduaran los 3 primeros Ingenieros Químicos de la Universidad Nacional.

A principios de 1950 la Universidad contrató para la Facultad de Química los servicios del profesor Zbigniew Broniewski, ingeniero militar e ingeniero químico de la Universidad Politécnica de Varsovia, quien tuvo a su cargo la organización de los estudios de ingeniería química y el análisis de las modificaciones que deberían introducirse en los planes de estudio. El ingeniero Broniewski fue un gran impulsor de esta disciplina en Colombia y el primer director del Departamento de Ingeniería Química, creado en 1965.

La preocupación en estos tiempos iniciales por definir una carrera de ingeniería química ligada al sector productivo se patentiza en las disposiciones que reglamentaban la obtención del título. En el año 1952 (por Acuerdo 69 del Consejo Académico) se exigían como requisitos para el grado haber aprobado todas las asignaturas del pênsum, presentar exámenes preparatorios hasta alcanzar un promedio igual o superior a 4.0, y desarrollar un trabajo de grado individual "sobre un tema de carácter industrial". El Acuerdo No. 42 del Consejo Académico en 1955 fija como una de las condiciones para obtener el título de Ingeniero Químico haber efectuado un trabajo práctico en industrias o laboratorios

durante un período no menor de seis meses y bajo la supervisión de la Facultad. Sobre esta práctica el estudiante debía rendir un informe a la Junta de Profesores para su aceptación.

En julio de 1964 desaparece la Facultad de Química e Ingeniería Química la cual, con otras unidades de la Universidad, pasa a formar parte de la nueva Facultad de Ciencias en virtud de la aplicación de los planes de integración de la Universidad Nacional. En agosto de 1965 se crea el Departamento de Ingeniería Química en la Facultad de Ingeniería y se traslada la carrera de Ingeniería Química, que venía siendo administrada por la Facultad de Ciencias, a la de Ingeniería.

La creación del Departamento y el traslado de la carrera obligó a realizar ciertos ajustes en la conformación del conjunto de las Secciones de la Facultad de Ingeniería. En lo referente al Departamento de Ingeniería Química, en éste se crearon ese mismo año las secciones de:

- Termodinámica
- Operaciones y procesos, y
- Administración

que, por supuesto, estaban orientadas a dar servicios fundamentalmente a la carrera de ingeniería química.

La anterior estructura no satisfizo las exigencias de la carrera, razón por la cual se procedió en 1966 a designar Jefes de un nuevo conjunto de secciones, a saber:

- Termodinámica y diseño
- Procesos e industrias químicas
- Operaciones unitarias y plantas piloto, y
- Administración y programación.

En diciembre de 1972 el Consejo Superior Universitario legalizó por Acuerdo No. 83 las secciones de los departamentos de la Facultad de Ingeniería. Las del departamento de Ingeniería Química fueron las siguientes:

- Termodinámica
- Operaciones unitarias
- Industrias y procesos químicos
- Administración y programación.

La estructura actual de las secciones del departamento quedó definida en 1973 mediante el Acuerdo No. 82 del Consejo Superior Universitario. En dicho acuerdo se justifica la modificación de la estructura anterior por cuanto se permite el desarrollo y el mejor funcionamiento del departamento. Tales secciones son:

- Operaciones de transferencia
- Industrias y procesos químicos
- Termodinámica
- Ingeniería industrial
- Diseño y control de procesos.

El Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería adscribió a cada sección de ingeniería química, por Resolución No. 103 de 1973, las asignaturas que debe administrar. De esta manera ha venido operando hasta la fecha una relación muy estrecha entre departamento y carrera de Ingeniería Química,

ya que los servicios docentes de aquél en gran parte van dirigidos a atender la demanda de la carrera del mismo nombre. La excepción radica en la sección de ingeniería industrial, la cual presta servicios en el área de la Economía y la Administración a todas las carreras de la Facultad.

LAS TRANSFORMACIONES DEL PLAN DE ESTUDIOS

Desde 1939 hasta la fecha se han diseñado diversos planes de estudio para la carrera de ingeniería química, y las modificaciones a dichos planes han obedecido a tendencias que pretendemos analizar en este aparte.

Con el objeto de estudiar los currículos que han regido la carrera en varias etapas y de captar el sentido de su desarrollo hemos agrupado las asignaturas en seis tipos, siguiendo las sugerencias de la "American Society for Engineering Education":

Grupo 1: Cursos de formación científica básica, los cuales se ocupan de las leyes y principios generales de las ciencias naturales y matemáticas. Como ejemplos citamos Química, Física y Matemáticas.

Grupo 2: Cursos de formación tecnológica básica, los cuales estudian las características y propiedades de los sistemas y mecanismos para la solución de problemas prácticos. Entre éstos se encuentran la termodinámica, las operaciones unitarias, la transferencia de masa y calor, y los balances de energía y materiales.

Grupo 3: Cursos de diseño y aplicación integral que, de acuerdo con su nombre, tienen como objeto la aplicación de los principios científicos y tecnológicos a problemas de diseño y control de procesos industriales. Algunos de estos cursos son: procesos químicos, cálculo y diseño, diseño de reactores y diseño de plantas y equipos.

Grupo 4: Cursos sobre administración y economía, dedicados al estudio de la organización de la producción y a la evaluación de las inversiones en proyectos industriales. Aquí se incluyen econo-

mía para ingenieros y administración de empresas, entre otras.

Grupo 5: Cursos en ciencias sociales, los cuales abarcan los idiomas, la sociología, la historia y demás electivas no técnicas en el área humanística y social.

Grupo 6: Electivas técnicas, que comprende un grupo de asignaturas avanzadas en la formación tecnología y de aplicación. Estas se encuentran definidas en el pènsum de la carrera y son de libre aceptación por parte de los estudiantes. Entre ellas están: ciclos de plantas térmicas, plásticos, refinación de petróleo, corrosión y metalurgia extractiva.

La distribución horaria en el curriculum de ingeniería química entre estos seis grupos nos ofrece una visión bastante clara de los énfasis establecidos y de las características del profesional que se está formando. Por tal motivo hemos elaborado el cuadro adjunto donde se comparan las distribuciones horarias de los pènsumes vigentes desde 1955, fecha a partir de la cual se conoce la intensidad horaria de las diversas asignaturas que componían el pènsum de la carrera.

Con anterioridad a 1955 se establecieron planes de estudio en dos ocasiones. La primera vez fue en 1939 con el Acuerdo No. 26 del Consejo Directivo de la Universidad Nacional, ya mencionado en páginas anteriores. Este plan de estudios constaba de 23 asignaturas anuales que se concentraban en la formación científica básica. La segunda ocasión fue en 1948, cuando por Acuerdo No. 193 del Consejo Directivo se reglamentaron los estudios de Ingeniería Química con un pènsum de 70 asignaturas semestrales (aunque el régimen académico era anual). En esta oportunidad mantuvieron presencia importante las asignaturas de formación científica aunque el peso de las tecnológicas fue grande, y se incluyeron además algunos temas económicos y sociales.

En el cuadro antes mencionado se consigna la información referente a siete planes de estudio que

Ingeniería Química: distribución horaria de los planes de estudio, por grupos de asignaturas (1955 — 1983)

Grupo de Asignaturas*	1955(a)		1959 (b)		1966 (c)		1971-I(d)		1971-XII(e)		1973 (f)		1983 (g)	
	Hr./Sem.	%	Hr./Sem.	%	Hr./Sem.	%	Hr./Sem.	%	Hr./Sem.	%	Hr./Sem.	%	Hr./Sem.	%
No. 1	120	60.7	119	43.8	133	39.2	140	43.9	139	45.4	104	40.3	104	40.9
No. 2	67	33.8	85	31.4	109	32.2	105	32.9	98	32.1	95	36.8	96	37.6
No. 3	—	—	24	8.9	46	13.6	38	11.9	38	12.4	24	9.3	24	9.4
No. 4	4	2.0	14	5.2	13	3.8	12	3.8	8	2.6	8	3.1	8	3.1
No. 5	7	3.5	17	6.3	25	7.4	15	4.7	12	3.9	15	5.8	12	4.7
No. 6	—	—	12	4.4	13	3.8	9	2.8	11	3.6	12	4.7	11	4.3
	198	100.0	271	100.0	339	100.0	319	100.0	306	100.0	258	100.0	255	100.0

(a) Acuerdo No. 20 de 1955. Consejo Directivo U.N.

(b) Acuerdo No. 17 de 1959. Consejo Académico U.N.

(c) Acuerdo No. 8 de 1966. Consejo Superior Universitario.

(d) Acuerdo No. 1 de 1971. Consejo Directivo Facultad de Ingeniería.

(e) Acuerdo No. 4 de 1971. Consejo Directivo Facultad de Ingeniería.

(f) Acuerdo No. 166 de 1973. Consejo Superior Universitario.

(g) Vigente en la actualidad: Modificaciones menores al Acuerdo 166/73.

(*) La conformación de cada grupo se encuentra definida en otra parte del documento.

han estado vigentes en Ingeniería Química en diferentes épocas, desde 1955 hasta 1983. En cada oportunidad se indica el Acuerdo que establece el plan, aunque es necesario aclarar que el que rige actualmente es el correspondiente a 1973 con modificaciones posteriores introducidas por el Consejo Directivo de la Facultad. La información se refiere a la distribución horaria (en horas/semana) entre los diferentes grupos de asignaturas establecidos y definidos en páginas anteriores, tanto en valores absolutos como en porcentajes.

El análisis de la información consignada en el cuadro nos permite extraer las siguientes conclusiones:

- 1) A partir de 1966 se observa un descenso permanente de la intensidad horaria del plan de estudios de ingeniería química. De 339 hrs/sem. en 1966 se ha llegado a 255 hrs/sem. en la actualidad. De igual manera se ha reducido a partir de 1966 el número de asignaturas que el estudiante debe cursar, tal como se muestra a continuación:

1966: 86 asignaturas
1971-I: 82 asignaturas
1971-XII: 79 asignaturas
1973: 65 asignaturas
1983: 64 asignaturas.

Vale la pena recordar que fue en 1965 (es decir, un año antes de comenzar la tendencia que aquí señalamos) cuando se creó el Departamento de Ingeniería Química y se trasladó esta carrera de la Facultad de Ciencias a la Facultad de Ingeniería.

- 2) El peso específico de las ciencias básicas (asignaturas del Grupo No. 1) ha sido el determinante en todos los planes de estudio. Su participación en la distribución horaria es mayoritaria en todos los casos, absorbiendo en la actualidad alrededor del 41% del total de hrs/sem. del plan de estudios.
- 3) Las asignaturas de orientación "tecnológica" (Grupo No. 2) han ocupado siempre el segundo lugar en importancia, y en los últimos planes ha crecido su participación horaria situándose en la actualidad en el 37.6% del total.
- 4) Los temas que se ocupan del diseño, la aplicación, el control (asignaturas del grupo 3) se sitúan en un tercer lugar en cuanto a la intensidad horaria que les corresponde en el plan de estudios. Por otra parte, la tendencia que se observa es hacia la disminución de su participación, pues mientras que en 1966 ésta era del 13.6%, en 1983 sólo llegaba al 9.4% del total de horas semanales.
- 5) Las asignaturas que abarcan temas económicos (Grupo 4) y humanísticos (grupo 5) tienen muy poca participación en el pñsum de ingeniería química, y la tendencia apunta hacia su disminución tanto en términos absolutos como relativos.
- 6) La participación de las electivas técnicas (grupo

6) ha sido relativamente estable a lo largo del período analizado.

El resumen de la información consignada hasta aquí podría ser el siguiente: el grupo de las asignaturas tecnológicas ha aumentado su participación en la distribución horaria; el grupo de las básicas y el de las electivas técnicas son relativamente estables en cuanto a su peso en el pñsum; el grupo de diseño, aplicación y control ha rebajado en cuanto a intensidad horaria, en igual forma que los grupos de economía y humanidades.

El análisis que traemos hasta aquí puede complementarse utilizando como punto de referencia las recomendaciones de la "American Society for Engineering Education" sobre la distribución horaria de los currículos de Ingeniería. Al respecto dice la ASEE que la formación de ingenieros creativos e impulsores de innovaciones tecnológicas podría garantizarse —al menos formalmente— con un pñsum que tuviera la siguiente distribución horaria de acuerdo con los grupos de asignaturas definidos previamente (a título de comparación colocamos entre paréntesis la distribución actual):

Distribución horaria

	ASEE	(Actual)
Grupo Nº 1:	20%	(40.9%)
Grupo Nº 2:	15%	(37.6%)
Grupo Nº 3:	25%	(9.4%)
Grupo Nº 4:	10%	(3.1%)
Grupo Nº 5:	20%	(4.7%)
Grupo Nº 6:	10%	(4.3%)

Es notoria la enorme diferencia existente entre la recomendación y lo actual. La distribución de la ASEE hace gran hincapié en los temas de diseño, aplicación y control, colocando en segundo lugar aquellos referentes a la formación científica básica, a los temas humanísticos y a los de formación tecnológica. En cuanto a lo vigente en la carrera de Ingeniería Química, la intensidad horaria está concentrada principalmente en los temas de formación, ya sea científica o tecnológica, situándose en posición muy relegada el área de diseño y aplicación.

COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES

El análisis del plan de estudios de ingeniería química y de su evolución nos permite emitir algunas observaciones acerca del tipo de profesional que se está formando. Al respecto salta a la vista la gran cantidad de tiempo dedicado a los cursos básicos en contraste con la poca intensidad de los cursos en diseño y control.

Esta tendencia no es conveniente, según nuestro punto de vista, si se recuerda que la ingeniería es el arte profesional de **aplicar la ciencia** a la conversión óptima de los recursos naturales en beneficio de la comunidad. Asociado con la ingeniería existe un gran volumen de conocimiento especializado, y la preparación para la práctica profesional debe

incorporar una buena dosis de entrenamiento para la correcta aplicación de dichos conocimientos. Sin embargo, esta no es la característica del plan de estudios vigente en la carrera.

El p \acute{e} nsum actual est \acute{a} orientado hacia la formaci \acute{o} n de un profesional "científico", con poco énfasis en la adaptaci \acute{o} n del conocimiento a prop \acute{o} sitos prácticos. De igual forma, nuestro currículum poco ayuda a estimular la imaginaci \acute{o} n en la concepci \acute{o} n de soluciones originales a problemas, o a desarrollar habilidades para predecir desempeños y costos de nuevos equipos o procesos. De esta manera se desvirtúa la formaci \acute{o} n de un profesional que deberí ser elemento clave en los procesos de innovaci \acute{o} n tecnol \acute{o} gica.

Las diferencias entre un científico y un ingeniero deben ser resaltadas en la distribuci \acute{o} n horaria de los currículos si no se quiere desviar la formaci \acute{o} n del uno y del otro. La funci \acute{o} n del científico es principalmente avanzar en el conocimiento del mundo físico y de las leyes que lo rigen, mientras que el ingeniero tiene como misi \acute{o} n relacionar esos conocimientos con la soluci \acute{o} n de problemas prácticos concretos. A diferencia del científico, el ingeniero no es libre de seleccionar el problema que le interesa; él debe resolver los problemas tales y como surgen en la pr \acute{a} ctica productiva cotidiana, y la soluci \acute{o} n debe satisfacer requerimientos a veces en conflicto.

Estos conflictos pueden manifestarse así: generalmente un aumento de eficiencia implica mayores costos; la seguridad le agrega complejidad al proceso o al equipo; el mejoramiento del rendimiento puede acarrear un mayor peso. La soluci \acute{o} n en ingenierí es la soluci \acute{o} n óptima, el resultado final que, involucrando muchos factores, se convierte en el más deseable. Dicha soluci \acute{o} n puede ser la más barata para un nivel dado de eficiencia, la más eficiente dentro de un límite de peso, la más simple que satisfaga ciertos requerimientos de seguridad o la más eficiente para un costo dado. En muchos problemas de ingenierí los costos sociales son significativos. De ahí la relevancia de los temas económicos, administrativos y sociales en los currículos de ingenierí, temas que tampoco cuentan con una intensidad horaria importante en el

actual plan de estudios de ingenierí química.

Entre las razones por las cuales no ha adquirido la debida preponderancia el diseño en la carrera de ingenierí química podrí ennumerarse las siguientes: se carece de los servicios de profesionales experimentados en esas labores; no se han establecido vinculaciones con el sector industrial; existen dificultades para dictar ese tipo de asignaturas por falta de equipo e instalaciones, y como una condici \acute{o} n subjetiva, parece como si aceptáramos inevitablemente que el diseño es tarea de países desarrollados.

En conclusi \acute{o} n, se hace necesario realizar cambios profundos e integrales en el p \acute{e} nsum de la carrera de tal manera que se forme un ingeniero químico con posibilidades de adelantar innovaciones tecnol \acute{o} gicas, dominar la tecnologí foránea y generar tecnologí propia. Los reajustes deben ir en el sentido de incrementar la dedicaci \acute{o} n horaria a las asignaturas relacionadas con el diseño y otras aplicaciones de los conocimientos básicos científicos y tecnol \acute{o} gicos. De igual manera, es importante ampliar el número de electivas técnicas y de los cursos sobre ciencias económicas y sociales. Estos últimos, recordemos, enmarcan a los demás y le dan sentido y orientaci \acute{o} n a la formaci \acute{o} n del individuo. En consecuencia, se hace obligatoria la reducci \acute{o} n de la intensidad horaria destinada a los cursos de formaci \acute{o} n científica y tecnol \acute{o} gica, sin que esto implique menoscabo de la calidad de la instrucci \acute{o} n.

Paralelamente a estas medidas, es conveniente crear lazos fuertes con el sector productivo —oficial y privado— a fin de generar la correspondiente demanda de ingenierí nacional. Una de las acciones más positivas en este orden de ideas es la prestaci \acute{o} n de servicios de asistencia técnica o asesoría calificada a las industrias, lo cual puede desembocar en contratos de investigaci \acute{o} n, convenios de asistencia técnica, seminarios y conferencias de la industria a la carrera, programas de perfeccionamiento especialmente orientados a industrias específicas. Estos contactos con el sector productivo —escenario de la realizaci \acute{o} n del ingeniero— serán de gran influencia en la formaci \acute{o} n de un profesional integrado al avance científico y tecnol \acute{o} gico del paí.