

Estudios sobre el mercado laboral del egresado o sobre su tendencia.

Experiencias en la inclusión de un curso terminal de Ingeniería de Proyecto en la licenciatura de Ingeniería Química

*Alejandro Anaya Durand**

Antecedentes

De acuerdo con los resultados del análisis de las principales deficiencias que presentan muchos egresados de nuestras instituciones de enseñanza superior en Ingeniería Química, entre otras, se han detectado las siguientes: FALTA DE CAPACIDAD DE INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS Y FALTA DE DESARROLLO DE DIVERSAS HABILIDADES, indispensables para el desarrollo de su función profesional. A su vez, a esta problemática en conocimientos y habilidades agregaríamos diversas deficiencias de ACTITUDES positivas de trabajo.

Precisando lo anterior, se observa que el alumno recibe una dosis impresionante de conocimientos específicos a lo largo de su carrera, los cuales tiene una gran dificultad de integrar para resolver problemas globales, interdisciplinarios en el "mundo real". Por otra parte, por lo general, presenta deficiencia en diversas habilidades como lo es su capacidad para plantear y resolver problemas, manejar información, trabajar en equipo, administrar el tiempo, comunicarse, trabajar bajo presión, etcétera. En términos de falla de actitudes de trabajo positivas, tiene carencias en los principios de productividad y control de calidad entre otras.

Con el propósito de contribuir a resolver dicha problemática formativa, la Facultad de Química de la UNAM aprobó incorporar en el plan de estudios de la Carrera de I.Q. un curso de Ingeniería de Proyectos en el último semestre (9°) de la carrera. Dicho curso se instaló con el propósito fundamental de lograr una integración de conocimientos de diversas materias del plan de estudios vigente, de Ingeniería Química, mediante una actividad particularmente interdisciplinaria e integrados como lo es la ejecución de Ingeniería de Proyectos de Plantas Industriales. La Ingeniería de Proyecto constituye uno de los campos de conocimiento a nivel profesional que más aprovecha y aplica el conocimiento recibido en la licenciatura en Ingeniería Química y, en particular, al campo de la Ingeniería de Proceso y Diseño de Equipo, muy representativa del propio fundamento de la profesión del ingeniero químico. Asimismo, este curso pretende desarrollar habili-

dades muy importantes como sería el trabajo de equipo, la administración del tiempo, el manejo de información, la comunicación, y la solución de problemas.

Desarrollo del curso

El contenido del curso esencialmente está dirigido a la ejecución de la ingeniería básica de un proyecto industrial. La *ingeniería básica* es la fase inicial de un proyecto industrial, consistente en la elaboración de una serie de documentos a partir de una tecnología dada, que son necesarios para el diseño de los equipos y las instalaciones que comprenden las plantas. Dicho documento comprende fundamentalmente la ingeniería de proceso respectiva, así como información que permita diseñar la planta operable, segura y bajo control.

Para el desarrollo del curso se siguen las siguientes fases principales:

a) *Integración de grupos de trabajo.* Dada la magnitud de los proyectos se recomienda formar grupos de cinco o seis estudiantes en la ejecución de un proyecto específico. Entre ellos se selecciona a un compañero que fungirá como "coordinador de proyecto", indispensable para el control de avances de las actividades.

b) *Selección del proyecto.* Se les sugiere, por parte del maestro titular, una serie de procesos de la industria química entre los cuales deben seleccionar los alumnos el que consideren más factible; incluso, los propios alumnos pueden proponer, de acuerdo con su interés, algún proceso dado.

Normalmente se consideran proyectos que cumplan con los siguientes requisitos: a) que sean de la industria química; b) que no sean muy complejos; c) que se disponga de información para realizarlos, y d) que contengan diversas operaciones unitarias y de preferencia, un sistema de reacción, además de *que sean de interés desde el punto de vista comercial.*

Con las anteriores premisas, los alumnos llevan a cabo la elaboración de un estudio preliminar técnico-económico de su proceso que permitirá seleccionarlo formalmente, definiendo la capacidad de su planta mediante un análisis de mercado muy general y proponiendo la localización más adecuada de la planta evaluando los factores que lo determinan. En el Anexo IV de este trabajo se muestran los procesos que se les han asignado a los

*Instituto Mexicano del Petróleo.

Recibido: 23 de agosto de 1993; Aceptado: 5 de diciembre de 1993.

alumnos, desde la instalación del curso en 1992. Por semestre se han efectuado de 10 a 15 proyectos diferentes, dependiendo del número de alumnos inscritos en la materia.

c) *Elaboración de los documentos de ingeniería básica.* Una vez seleccionados y aprobados los proyectos, proceden primeramente a una programación de la ejecución de las actividades del mismo, elaborando sus programas de proyecto, diagramas de Gantt, ruta crítica y curvas de avance. A lo largo del curso tienen el compromiso de ir entregando a revisión y aprobación, en fechas previamente establecidas, los siguientes documentos que integran el paquete de ingeniería básica de un proyecto industrial:

- a) Bases de diseño
- b) Criterios de diseño
- c) Diagrama de flujo de proceso
- d) Descripción del proceso
- e) Lista de equipo
- f) Hoja de datos de equipo
- g) Diagrama de servicios auxiliares
- h) Requerimientos de servicios auxiliares y agentes químicos
- i) Diagrama de tubería e instrumentación (DTI's)
- j) Diagrama de localización de equipo (Plot Plan)
- k) Especificación de un sistema de desfogue
- l) Diseño mecánico de uno o dos equipos
- m) Especificación de seguridad de la planta
- n) Elaboración de un circuito lógico de control
- o) Especificación de manejo de efluentes
- p) Estimado de inversión y costo de la planta

Como podrá advertirse, la elaboración de los documentos antes referidos permite una integración de diversos conocimientos adquiridos en la licenciatura, tales como Operaciones Unitarias, Ingeniería Económica, Termodinámica, Diseño de Equipo, Ingeniería Eléctrica, Instrumentación y control, etcétera. A su vez, se les solicita apliquen aspectos de normatividad en materia de Aseguramiento de Calidad, en la elaboración de sus documentos del proyecto. Al final del curso, los alumnos deben entregar un documento final integrado que constituye la ingeniería básica de su proyecto; muy similar en su contenido y nivel al que normalmente ofrecen compañías de ingeniería a nivel nacional o internacional. Dicho libro o paquete de ingeniería básica, constituye la base para continuar la fase del proyecto que se conoce como la INGENIERÍA DE DETALLE.

Cada grupo, a lo largo del proyecto debe ir entregando reportes de avance periódicos y un control de su estimado de horas-hombre hasta la integración del libro de proyecto final.

Metodología de enseñanza

Dada la importancia y magnitud del curso le fueron asignados al mismo 30 créditos, equivalentes a 15 horas de exposición frente a grupo, a la semana. Obviamente una carga didáctica semejante no puede recaer en un solo profesor. Por lo anterior, se integran

grupos de profesores especialistas en diversas áreas de la Ingeniería de Proyecto para distribuirse la carga académica correspondiente. En nuestro caso, se contó con un profesor coordinador de proyecto, responsable de la materia, auxiliado por tres profesores de amplia experiencia en Ingeniería de Proceso, Diseño de Equipo y Administración de Proyectos, entre otros. Dichos profesores presentaron a lo largo del curso los aspectos teóricos de apoyo necesario, de los diversos documentos y actividades de un proyecto auxiliándose de recursos audiovisuales en caso necesario; además, fungieron como ASESORES de los alumnos en la atención a sus dudas de los proyectos específicos que les fueron asignados. Obviamente, los alumnos deben dedicar mucho tiempo extraclase para la atención de su proyecto y particularmente el necesario para la búsqueda de información indispensable para el mismo. Es importante recalcar que el desempeño del alumno debe ser particularmente participativo en clase, evitando el maestro caer en exposiciones de tipo convencional y tradicional, que sólo contribuyen a inhibir la creatividad en el alumno. En otras palabras, el maestro de un curso de Ingeniería de Proyecto es principalmente un ASESOR, o director de proyecto. Dicho trabajo de asesoría frecuentemente se extiende fuera de clase, resolviendo dudas a grupos de alumnos de algún proyecto específico.

Recursos materiales necesarios

Para el desarrollo del curso se requiere acceso a computadoras personales suficientes y manejo de simuladores de proceso indispensables (Chem-cad, HYSIM, entre otros), requeridos por la elaboración de diversos cálculos repetitivos o complejos de diseño. Asimismo, es indispensable contar con acceso a catálogos de fabricantes de equipo y servicios, manuales, códigos y estándares diversos, así como un acervo bibliográfico en el área de Ingeniería Química adecuado, incluyendo publicaciones especializadas como *Chemical Engineering*, *Hydrocarbon Processing* y *Chemical Engineering Progress*, entre otras.

Naturalmente se deberán otorgar facilidades de copiado para la reproducción de artículos, planos, etcétera.

Idealmente sería conveniente contar con un espacio físico específico destinado a la ejecución de los proyectos por parte de los alumnos, en donde se podría ubicar toda la infraestructura requerida similar a las organizaciones TASK FORCE ingenieriles.

Evaluación del aprendizaje

A lo largo del curso, de acuerdo con el programa establecido, cada grupo de alumnos va entregando a los maestros, para su revisión, aprobación y calificación, los diversos documentos que integran su proyecto. Al término del curso se obtiene un promedio ponderado de calificaciones de los diversos documentos, teniendo en cuenta que no todos tienen el mismo grado de dificultad o complejidad para su elaboración.

Dicho promedio ponderado se conjunta con la Calificación Global del Proyecto, obtenida al revisar el trabajo final que

entregan los alumnos al final de curso y constituye su calificación de TRABAJO POR EQUIPO. La evaluación del rendimiento individual se efectúa mediante exámenes parciales y finales, que pueden ser orales y/o escritos. Con base en estos factores se puede obtener la calificación final de los alumnos.

6) Resultados obtenidos

Con base en encuestas recientes realizadas por los propios alumnos que cursaron la materia se puede apreciar un balance muy positivo en los resultados obtenidos y, en particular, en el desarrollo de diversas habilidades y actividades de trabajo, señalando los siguientes como los más notoriamente desarrollados:

- a) Trabajo en equipo, Relaciones humanas.
- b) Búsqueda y manejo de información.
- c) Administración del tiempo, Planeación y control del trabajo.
- d) Comunicación oral y escrita, redacción.
- e) Habilidades para plantear y resolver problemas.
- f) Manejo de sistemas de cómputo.
- g) Trabajo bajo presión; entre otros.

Asimismo, se desarrollaron actitudes positivas de trabajo importantes, como lo son la productividad —indispensable para cumplir con los objetivos con base en sus recursos disponibles— y el concepto de CALIDAD, que permite lograr “hacerlo bien desde un principio”.

Asimismo, se permitió la integración y aprovechamiento de diversos conocimientos obtenidos en su carrera aplicándolos un *proyecto real* muy apegado en su contenido y nivel a proyectos que en el Medio Profesional elaboran compañías de ingeniería de alto prestigio nacional e internacional.

El *índice* de aprobación de los alumnos fue bastante elevado a pesar de la complejidad del curso y el nivel de los exámenes que presentaron los alumnos. De un total de 56 alumnos inscritos, 17 obtuvieron MB, (10), 36 obtuvieron B (8) y sólo tres alumnos obtuvieron calificación de S (suficiente), lo cual evidencia un magnífico rendimiento terminal.

Hay un resultado particularmente importante y es de tipo *motivacional*. A opinión de los propios alumnos se sintieron muy realizados por haber efectuado un trabajo de alto nivel profesional que les abre las puertas a un mercado de gran demanda en el medio como lo es la Ingeniería de Proyectos.

A la luz de la reactivación comercial industrial que se avecina en el país, la demanda de Ingeniería de Proyectos en el campo de ingeniería básica y de detalle deberá tener un reporte considerable, a corto y mediano plazo.

Conclusiones y sugerencias

A la luz de los resultados obtenidos en casi dos años de impartir este novedoso curso, podemos recomendar decididamente su incorporación en otras instituciones de enseñanza de Ingeniería Química del país e incluso a nivel internacional, dado que, a

nuestro conocimiento, no existe un curso de características equivalentes en el extranjero. Por otra parte, independientemente de la demanda de personal calificado en Ingeniería de Proyectos, en el medio profesional que eventualmente pudiera requerirse, consideramos este curso como altamente formativo en el desarrollo de habilidades y de integración de conocimientos; congruente con la definición y propósito programático de la propia Ingeniería Química. ▣

ANEXO I

Resultado de una encuesta efectuada por alumnos que cursaron recientemente la materia de Ingeniería de Proyectos

(Información del 2º semestre de 1993)

Nota: Se encuestaron 56 alumnos

1) Duración del curso

75% coinciden que debe extenderse a dos semestres por lo extenso del contenido y con el propósito de profundizar más en el mismo.

2) Impartición

Impartición del curso por varios maestros, bajo un responsable de la materia.

80% lo consideró conveniente pero recomiendan mantener una mejor coordinación entre ellos; 48% lo consideró buena, y 46% la consideró regular.

3) Capítulos del proyecto

Capítulos del proyecto que les fueron más difíciles a los alumnos abordar en un proyecto, requiriendo más tiempo de asesoría:

- Diseño de equipo.
- Instrumentación y control. Diagramas lógicos.
- Manejo de efluentes.

4) Didáctica del curso

38% prefiere que el maestro le explique totalmente un tema dado.
8% prefiere estudiar por su cuenta el tema.
54% prefiere una combinación de ambos sistemas de estudio.

5) Apoyo de especialistas (conferenciantes) para atender temas específicos

	Frecuencia de respuestas (%)
Muy necesarios	30
Necesarios	32
Útil	27
Poco necesario	2
Innecesario	9

6) *Información bibliográfica necesaria para el curso*

	Frecuencia de respuestas (%)
Fácilmente localizable	12.
Localizable	50
Difícilmente localizable	38

k) Ing. de Proceso	85
l) Ing. Eléctrica	48
m) Ing. Mecánica	58
n) Química	58

7) *Materias del plan de estudios cuyo conocimiento consideraron muy necesario en su aplicación en el proyecto*

	Frecuencia de respuestas (%)
a) Balance de materia y energía	100
b) Flujo de fluidos	100
c) Transferencia de calor	97
d) Procesos de separación	100
e) Termodinámica	70
f) Simulación y optimización de procesos	68
g) Dinámica y control de procesos	68
h) Ingeniería de servicios	88
i) Seguridad	62
j) Ing. Económica	73

8) *Principales HABILIDADES desarrolladas, en opinión de los alumnos*

	Frecuencia de respuesta
— Manejo de información	31%
— Trabajo de equipo	31%
— Manejo de proyectos de cómputo	22%
— Administración del tiempo	22%
— Integración de conocimientos	15%
— Manejo de trabajo a presión	15%

9) *Principales CONOCIMIENTOS adquiridos en opinión de los alumnos. (Adicionales a los recibidos en cursos previos de la propia carrera.)*

— Elaboración de diagramas
— Administración de proyectos
— Control de calidad
— Criterios de diseño
— Presentación de proyectos.

ANEXO II:

Organización del grupo académico responsable del curso



(AAD) M. en I. Alejandro Anaya Durand

Experiencia en Ingeniería de Proyectos: 33 años (Proceso y Proyectos)
 Experiencia como maestro: 28 años

(ATM) Ing. Agustín Texta Mena

Experiencia en Ingeniería de Proyectos: 14 años (Proceso y Proyectos)
 Experiencia como maestro: 14 años

(HSM) Ing. Hermenegildo Sierra Martínez

Experiencia en Ingeniería de Proyectos: 22 años (Administración de Proyectos)
 Experiencia como maestro: 20 años

(HRD) Ing. Humberto Rangel Dávalos

Experiencia en Ingeniería de Proyectos: 17 años (diseño)
 Experiencia como maestro: 5 años

(ARG) Ing. Arturo González Rosales

(A partir del 2º semestre de 1994 sustituyó a HSM)
 Experiencia en Ingeniería de Proyectos: 23 años (Administración de Proyectos)
 Experiencia como maestro: 9 años

10) Principales ACTITUDES desarrolladas, en opinión de los alumnos.

- Disciplina
- Paciencia
- Formalidad
- Actitud ordenada
- Responsabilidad asumida
- Puntualidad
- Ética
- Tendencia a la EXCELENCIA
- Conducta

ANEXO III
Ingeniería de Proyectos UNAM

Lista de documentos del Proyecto

- 1) Justificación del proyecto. Selección del proceso. Definición de capacidad y localización
- 2) Programas de ejecución. Estimado de H-H. Organización del proyecto
- 3) Bases de diseño
- 4) Criterios de diseño (del proceso y de equipos)
- 5) Diagramas de flujo de Proceso. (Incluye balance de materia y energía)
- 6) Descripción del proceso
- 7) Lista de equipo
- 8) Hojas de datos de equipo
- 9) Diagrama de servicios auxiliares
- 10) Requerimientos de servicios auxiliares y agentes químicos
- 11) Diagrama de tubería e instrumentos
- 12) Plot-Plan y elevación de equipos
- 13) Especificaciones de un circuito de desfogue
- 14) Diseño mecánico de equipos (1 ó 2)
- 15) Especificaciones de seguridad de la planta
- 16) Elaboración de un circuito lógico de control
- 17) Especificaciones de manejo de los efluentes del proceso
- 18) Estimado de inversión, costo de fabricación del producto
- 19) Documentos de control. Ruta crítica. Reportes de avance
- 20) Integración del libro de proyecto

ANEXO IV
Relación de proyectos asignados en el curso de Ingeniería de Proyectos, licenciatura Facultad de Química, UNAM

1er. semestre 1992

- 1) Destilación primaria del petróleo
- 2) Separación por destilación de mezcla de propano propileno

- 3) Planta productora de azufre, proceso Claus
- 4) Planta endulzadora, proceso alterno al girbotol
- 5) Planta tratadora de aguas amargas

2do. semestre 1992

- 1) Hidrodesulfuradora de destilados intermedios.
- 2) Fraccionadora de gasolina natural
- 3) Planta de ácido fosfórico
- 4) Anilina a partir de nitrobenzeno
- 5) Hidroalquilación de tolueno (benceno)
- 6) Acetona a partir de alcohol isopropílico

1er. semestre 1993

- 1) Planta de estireno
- 2) Planta de isopropanol
- 3) Ingenio azucarero
- 4) Planta de acetaldehído
- 5) Planta criogénica de separación de licuables
- 6) Planta de caprolactama (sección de oximación)
- 7) Planta de metanol
- 8) Planta de MTBE
- 9) Planta criogénica de separación de oxígeno y nitrógeno
- 10) Planta de ácido acético

2do. semestre 1993

- 1) Etanol por fermentación
- 2) Acrilonitrilo por amoxidación
- 3) Cloruro de vinilo
- 4) Anhídrido maleico (por oxidación de benceno)
- 5) Planta geotérmica
- 6) Dodecibenceno, por alquilación de benceno
- 7) Formaldehído, por oxidación de metanol
- 8) Anhídrido maléico
- 9) Glicerina
- 10) Ciclohexano (Proceso IFP)

1er. semestre de 1994

- 1) Metanol
- 2) MTBE
- 3) Cumeno
- 4) Polietileno de alta densidad
- 5) Etilenglicol
- 6) Percloro etileno

2do. semestre de 1994

- 1) Polietilén tereftalato
- 2) Ácido sulfúrico
- 3) Ácido tartárico

BCCE

13TH Biennial Conference on Chemical Education División de Educación Química de la American Chemical Society

"LEARNING CHEMISTRY BY DOING CHEMISTRY"

Bucknell University, Lewisburg Pennsylvania
Julio 31 - Agosto 4, 1994

Información:

13BCCE
Box A0404
Bucknell University,
Lewisburg PA 17837
(Correo electrónico: BCCE@Bucknell.edu)

Algunos simposios:

- IBM and Other Computer Applications in the Classroom and Laboratory (Patricia L. Samuel)
- Environmentally Friendly Laboratory Experiments at All Levels (William Harwood)
- How Things Work: The Chemistry of Technological Devices (Arthur B. Ellis)
- Moving Mountains: Changing the Teaching of Chemistry at Large Universities (Joe Keiser)
- New methods for Laboratory Teaching (Melanie Cooper)
- Innovative & Investigative Microscale Chemistry (Mono M. Singh)
- Innovative Uses of Modern Instrumentation in Introductory Chemistry Courses (Jack Steehler)
- Computer Applications in the Inorganic Classroom/Laboratory (Wayne Anderson)
- New Directions in the Inorganic Laboratory (Alan Pribula)
- New Approaches to Teaching Organic Chemistry (Robert Minard)
- Computer Interfacing Instrumentation in Advance Undergraduate Laboratories (Paul Rasmussen)
- Contemporary & Affordable Physical Chemistry Experiments ((Edwar Walters)
- From the Chemistry of Responsible Environmentalism to Environmentally Responsible Chemistry (John Cooper)
- What is Chemical Education Research (Patricia Metz)
- Can we Have a Single Coherent Picture of the Chemical Bond (H. Bradford Thomson)

Algunos talleres de trabajo:

- Chemistry in Context: An Overview (R. Silberman, D.M. Bunce, T. Schwartz, C. Stanitski, W. Stratton y A. Zipp)
- Demonstrations in Chemistry: For the Love of Science and Teaching (Irwing Talesnick)
- Hands-On Polymer Experiments and Demonstrations (Marie C. Sherman)
- Chemistry in Microscale (John J. Mauch)
- ChemSource: The Pre-Service Guide and Usage of Videotapes and Laser Disks (Mary V. Orna)

ICCE

XIII Internacional Conference on Chemical Education "CHEMISTRY: THE KEY TO THE FUTURE"

San Juan de Puerto Rico
Agosto 8-12, 1994

Comité de Inscripciones:

Dr. Ramón de la Cuétara
Inter American University of PR
P.O. Box 191293
San Juan, Puerto Rico 00919-1293
Tel (809) 250-1293
FAX (809) 765-2055 y 250-0782

Algunas conferencias plenarias:

- Chemistry: The Key to the Future (Mary Ann Fox)
- Atmospheric Ozone Depletion, the Greenhouse Effect and Other Changes in the Atmosphere (F.S. Rowland)
- Cognitive Development and the Implications for Chemistry Teaching (Mansoor Niaz)
- Lasers in Chemistry and Chemical Educations (Ahmed Zewail)
- Chemistry of the Brain: The Latest Developments (David Samuels)
- Interdisciplinary Research as a Key to Chemical Education in the Future (Waldemar Adam)
- Using Demonstrations and Puzzle Experiments to Stimulate Thinking (David Humphreys)

Algunos simposios:

- Curricular Approaches to the Teaching of Introductory Chemistry (J. Spencer)
- New Approaches to Teaching High School Chemistry (Sylvia Ware)
- Low Cost Materials and Equipment (O. Serafimov)
- Assessment and Evaluation (Dwayne and Lucy Eubanks)
- Classroom Research: The Teacher as a Researcher (J.D. Bradley)
- Role of Technology in Teaching Chemistry (E. Thulstrup)
- Chemistry and Ecology (H. Neimeyer)
- Molecular Modelling Using Computers (J.P. Bowen)
- National Standards for Teaching Chemistry (H. Heikkinen y D. Waddington)
- Safety and Risk Management (B. Heinzow)

Algunos talleres de trabajo:

- Low Cost Teaching Equipment for the Secondary and Tertiary Levels (K.V. Sane)
- Small Scale Chemistry: A Teaching and Learning Tool (M. Pereira)
- Computers, Chemistry and Curricula (O. Agapova y A.S. Ushakov)
- IUPAC-UNESCO International Curriculum Development Project (Maria Pestana)
- Bringing Industrial Chemical Processes into the Classroom (K. McCarogher)