

Estudios de fundamentación y análisis del mercado profesional, o de implantación de carreras, o asignaturas, con un ingrediente indispensable de novedad.

# El currículum holístico

Joseph A. Shaeiwitz, Wallace B. Whiting, Richard Turton y Richard C. Bailie\*

## Resumen

El objetivo del currículum holístico, como el de cualquier programa de ingeniería bien fundamentado, es preparar a los estudiantes para iniciarse en una carrera en donde su éxito depende de un aprendizaje de toda la vida, de pensamiento crítico y toma de decisiones, de trabajo en equipo, liderazgo y compromiso. El cuerpo docente no supone que estas cualidades se instilarán en los estudiantes cuando pasan por una secuencia bien desarrollada de cursos desafiantes de ingeniería; más bien exige, explícitamente, que los estudiantes logren estos objetivos colaborando en los cursos por medio de proyectos coordinados de diseño entre hasta ocho cursos diferentes y seis distintos profesores con asesoramiento continuo y perfeccionamiento. Los estudiantes son animados y obligados a enseñar a sus compañeros conceptos que han conocido a fondo.

Estamos cambiando constantemente, pero este tipo de enseñanza ya existía en nuestro departamento antes de que llegara el actual cuerpo docente. Además, creemos que ésta se puede crear en otros departamentos.

## Introducción

En el currículum holístico las habilidades deseables en los graduados se presentan en el primer curso y se desarrollan en todo el transcurso del currículum. Estas habilidades se refuerzan continuamente y los estudiantes reciben retroalimentación constante acerca de su dominio. El clásico curso de repaso se utiliza para pulirlas más, pero no es el primer y/o único curso en donde se enseñan. En el currículum tradicional se logra el conocimiento del campo por medio de una serie de cursos que se imparten como si no estuvieran relacionados. Mientras el cuerpo docente entiende la estructura de los conocimientos del campo de la especialidad, los estudiantes no. Ellos se vuelven diestros para resolver los problemas bien definidos al final de capítulos y saben que pueden encontrar la materia para ese problema en algún lugar de los mismos. Luego, cuando los estudiantes llegan al último año, encuentran, a veces, un curso "de coronamiento" en el cual tienen que resolver problemas que les retan a sintetizar todos los conocimientos logrados en los cursos previos. Se les exige preparar

informes escritos de sus soluciones a estos problemas y defenderlas por medio de presentaciones orales. En esta experiencia "de coronamiento", pueden encontrar por primera vez consideraciones económicas en las cuales la mejor solución global no es necesariamente la mejor solución para cada componente individual del problema. En el currículum holístico, los problemas de referencia sistemática son asignados en el transcurso de todo el currículum, así como las presentaciones orales y escritas, requeridas y las consideraciones económicas se presentan en el primer curso.

El currículum holístico consume el tiempo del cuerpo docente y requiere de comunicación entre los profesores acerca de lo que se enseña en los diferentes cursos. Es preciso que varios profesores lleguen a un acuerdo acerca del contenido de los cursos y qué partes del semestre deben dedicarse a problemas de referencia sistemática, a presentaciones orales y a la evaluación de informes escritos. Entonces, ¿por qué se ha de poner en práctica este currículum cuando el *status quo* es más fácil? Primeramente, el currículum holístico da como resultado estudiantes de mejor calidad, con un mayor entendimiento del "panorama". Estos estudiantes ejercen su profesión con madurez intelectual, confianza en sí mismos para resolver los problemas prácticos de la ingeniería, preparación para presentar informes orales y escritos y funcionamiento eficaz en un equipo interdisciplinario. En segundo lugar, creemos que el currículum holístico es exactamente lo que ABET tenía en mente cuando con el reciente cambio de reglas, se necesitaba más de una experiencia integrada de diseño que de un número específico de horas en la ciencia y el diseño de la ingeniería. Ahora, finalmente, la mayoría de las universidades pide como requisito, o pronto lo pedirá, una evaluación de los resultados del aprendizaje de los estudiantes, la cual forma una parte integral del currículum holístico y provee una estructura de control de retroalimentación que permite una comparación de los resultados (el rendimiento del estudiante) con la meta (el rendimiento deseado). Las divergencias entre los resultados y la meta deseada inicia un ajuste de los conocimientos de los estudiantes.

Enseguida, se presenta una descripción de nuestro currículum, semestre tras semestre, cuyas ventajas y desventajas serán discutidas. El enfoque naturalmente será del currículum de ingeniería química, puesto que somos ingenieros químicos. Sin embargo, creemos que el concepto general de un currículum holístico se puede llevar a cabo en cualquier disciplina de la ingeniería utilizando las estrategias indicadas.

\* Departamento de Ingeniería Química, West Virginia University  
Traducción: Joseph Doshner Maute; corrección de estilo: Gloria Pombo Gordillo, Coordinación de Servicios Académicos, Departamento de Idiomas, Facultad de Química, UNAM.

**Tabla 1.** Las cualidades deseadas para los graduados de Ingeniería Química.

Conocimientos fundamentales
Habilidad para resolver problemas aplicados entre las fronteras de las disciplinas
Habilidad para entender y analizar un proceso químico
Destreza en la comunicación oral y escrita
Pericia en el manejo de las computadoras
Habilidad para aprender de manera autónoma
Habilidad para trabajar con pares
Destreza para diseñar y realizar experimentos
Valoración de la seguridad y de las consideraciones éticas y ambientales

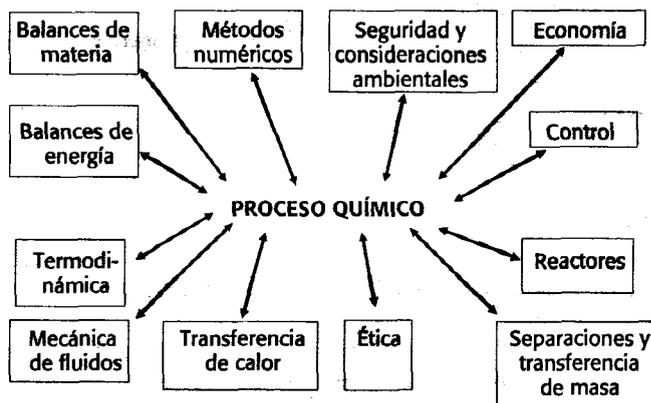
### Esbozo de un currículum

La identificación de las cualidades deseadas en los graduados y la enseñanza de éstas es la base del currículum. En la tabla 1 se indican las características que consideramos necesarias para todos los graduados de ingeniería química; es más: creemos que las mismas son indispensables para todos los graduados de ingeniería. En la tabla II se muestra un resumen de las actividades que utilizaremos para comunicar estas cualidades.

Nuestro currículum tiene todos los componentes tradicionales de la ciencia de la ingeniería. La única diferencia es que nosotros la enseñamos dentro del contexto de las aplicaciones prácticas. La idea de la estructura del conocimiento se ha utilizado para ilustrar los diferentes temas dentro de una subdisciplina de la ingeniería química y cómo estas subdisciplinas están relacionadas (Woods, 1993). En nuestra opinión hay una estructura de conocimiento para todo el currículum de ingeniería química, la cual se ilustra en la figura 1. Todos los temas, entre aquéllos que generalmente son aceptados como partes pertenecientes al currículum de ingeniería química, deben entenderse dentro del contexto de un proceso químico para ser considerados como algo aprendido. Por ejemplo, para entender cómo funciona

**Tabla 2.** Resumen del Currículum Holístico de Ingeniería Química.

El proyecto integrado de diseño para el segundo y tercer años
Los proyectos individuales de diseño para el cuarto año
El proyecto de diseño en grupo para el cuarto año
Las habilidades aprendidas en el contexto del diseño
La comunicación oral y escrita requeridas a través del currículum
El laboratorio de tercer año para demostrar conceptos
La experiencia del laboratorio del cuarto año refuerza las habilidades desarrolladas

**Figura 1.** Estructura del conocimiento para el Currículum de Ingeniería Química.

un cambiador de calor, es preciso entender el principio de resistencias en serie. Sin embargo, en un proceso real, la operación de un cambiador de calor no solamente se gobierna por este principio, sino que depende también de la interacción entre el cambiador de calor y otras partes de equipo en el proceso químico. Es el enfoque en esta última relación lo que distingue el currículum holístico del currículum tradicional.

La tabla 3 muestra la secuencia de clases en nuestro currículum. Los estudiantes entran al departamento de ingeniería química a un primer año en común con otros estudiantes. En apariencia, la secuencia de cursos se parece al clásico currículum de ingeniería química; incluso los programas de estudio para estos cursos, por lo general, parecen los tradicionales; excepto por el requisito de que tienen un proyecto para cada clase. Sin embargo, creemos que las características de este currículum, únicas en su género, incluyen la forma en que se utilizan estos proyectos para reforzar y motivar el aprendizaje de la ciencia de la ingeniería y la manera en que los proyectos cruzan las fronteras de cualquier clase indicadas en la tabla 3. Pensamos que el uso de proyectos abiertos que cruzan las fronteras de los cursos tradicionales es superior a los proyectos abiertos específicos en un solo curso. Además, está operando un plan de evaluación del aprendizaje que provee retroalimentación constante de las clases del nivel superior a las del nivel inferior y de los exalumnos y sus jefes a todos los puntos del currículum. Este plan de evaluación tiene algunas medidas como la de enviar cuestionarios por el director y miembros de la comunidad industrial a exalumnos y a sus supervisores dos años después de su egreso; asimismo, se dan también a todos los estudiantes al final del año académico, así como entrevistas con los estudiantes del programa por el jefe del departamento y los miembros del comité industrial visitante. En un plan menos científico, siempre buscamos información anecdótica de los exalumnos. Los proyectos de diseño descritos en este trabajo también son medidas del aprendizaje de los estudiantes, ya que

Tabla 3. La secuencia de los cursos en el currículum.

	Primer Semestre	Segundo Semestre
<b>Segundo año</b>	Balances de materia	Balances de energía Métodos numéricos
<b>Tercer año</b>	Mecánica de fluidos Transferencia de calor Termodinámica	separaciones reactores fenómenos de transporte*
<b>Cuarto año</b>	Laboratorio de operaciones unitarias control diseño	Laboratorio de operaciones unitarias diseño

\*Que no forma parte de la secuencia del proyecto de diseño para el segundo y el tercer años.

ilustran su habilidad para poner en práctica lo aprendido, tanto en los semestres pasados como en el actual. Este plan de evaluación es esencial para asegurar que los graduados posean las habilidades necesarias para tener éxito en su profesión.

En nuestro currículum holístico, en el primer curso de ingeniería química, los estudiantes ven un proceso químico durante el primer semestre del segundo año. Cuando aprenden cómo hacer balances de materia, también se les exige resolver este problema en mayor escala considerando la economía de procesos y exponer sus resultados por escrito. Este proceso se presenta en un contexto industrial y se sugiere un borrador del diagrama de flujo del proceso. Normalmente, los alumnos trabajan en equipos de tres o cuatro. Todos nuestros procesos químicos siguen un patrón genérico que se ilustra en la figura 2. Los procesos que lo siguen casi siempre tienen características que requieren la aplicación de conocimientos de todos los cursos en el currículum. Los estudiantes trabajan en versiones más complejas de este problema hasta el final del tercer año. En el segundo semestre del segundo año, estudian balance de energía y métodos numéricos y estadísticos. Aquí, aprenden que cuesta dinero calentar y enfriar, y que muchos problemas que forman parte del proceso necesitan métodos numéricos para resolverse y obtener un conjunto óptimo de condiciones de proceso. De ello, se solicitan informes tanto escritos como orales. Durante el tercer año, estudian los detalles de las partes componentes del proceso químico; es decir: tubos, bombas, compresores, intercambiadores de calor, separadores y reactores. Deben seguir mejorando la solución a su proceso químico y exponer sus resultados tanto en forma escrita como oral. Se muestran más detalles de esta parte del currículum en otros documentos (Shaeiwitz, 1992; Bailie, 1994). Además, durante el tercer año, los experimentos básicos indican que las cajas dibujadas por ellos en clase son verdaderos equipos. Diferentes profesores manejan este asunto de diversas formas, desde demostraciones de problemas basados en datos recolectados para tarea,

hasta informes de laboratorio completos. Los estudiantes aprenden a trabajar en grupos, lo cual los introduce en la necesidad de actuar éticamente. En los proyectos de diseño se incluyen consideraciones de seguridad y del medio ambiente.

En el cuarto año se ven componentes de laboratorio y de diseño. Existen proyectos individuales de diseño, los que llamamos "mayores", cuyos detalles están presentados en otra parte (Turton, 1992). En dos semestres hay tres "mayores", éstos los deben resolver los estudiantes solos, defender su resultado frente a dos profesores por lo menos y entregar un informe por escrito. La defensa deberá durar una hora, será como una clase en la cual los estudiantes son conducidos por el proceso basado en sus propios errores inevitables. A esto seguirá un repaso de problemas para todo el grupo. Los "mayores" les causan perturbación a los estudiantes; pero la evaluación hecha posteriormente siempre demuestra que fue con estos problemas con los que mejor aprendieron. Este juicio lo conocemos por medio del cuestionario que enviamos a los exalumnos dos años después de su egreso. Desde que empezamos a enviar el cuestionario hace dos años, todos los comentarios escritos y enviados por los estudiantes acerca de los "mayores" han sido positivos. Además, el promedio de calificaciones es más de 4 (de una escala de 1 al 5, donde 5 es la más alta). En la mayoría de los casos, los estudiantes ven un cambio progresivo en su actuación entre cada uno de los "mayores". Se dan cuenta que han aprendido más de ellos que de cualquier otro aspecto del currículum. Creemos que hay tres razones que explican esto: primera, la práctica de problemas similares por los estudiantes en el ambiente seguro del grupo; segunda, el debate extenso y la clarificación de las partes del problema que eran las más fastidiosas para ellos; tercera, el conocimiento por parte de los estudiantes de la necesidad de resolver el "mayor" anterior para poder tener éxito con el siguiente.

Al mismo tiempo, los estudiantes del cuarto año trabajan en un proyecto de diseño extensivo de un año de duración. Ellos simulan estar en una compañía de ingeniería bajo la dirección de un estudiante que es el "ingeniero en jefe". Los profesores también desempeñan papeles. Por ejemplo, uno puede ser el director del diseño para la compañía y otro puede ser un cliente.

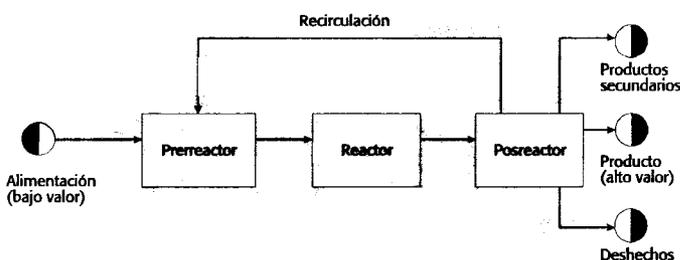


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso químico genérico.

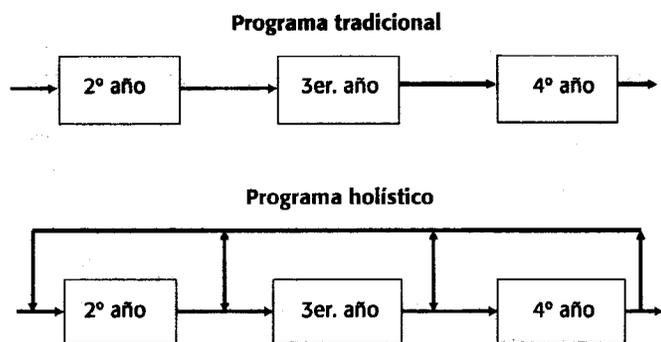


Figura 3. Diferencias en flujo de conocimientos entre el Currículum Holístico y el Currículum Tradicional.

En el primer semestre trabajan con un estudio de mercado y requieren recomendaciones de las alternativas prometedoras. En el segundo semestre, trabajan con un diseño integral que incluye consideraciones para el medio ambiente y la seguridad; se vuelven conscientes de dilemas éticos mientras se desarrolla el proyecto. Simultáneamente, cursan el laboratorio de operaciones unitarias. Las operaciones toman el aspecto de memorandos en una industria. Esperamos que los estudiantes diseñen su plan experimental y lleven a cabo la investigación de la teoría que está detrás del experimento (Whiting, 1983 y 1982). Trabajan en grupos de dos, pero se piden informes orales y escritos individualmente para todos los experimentos.

Una comparación esquemática del currículum holístico y el tradicional se ve en la figura 3. El tradicional parece un proceso de aprendizaje en el cual bloques de información, que representan el trabajo de un curso con duración de un año académico, se unen en una sola trayectoria. La importancia de cada curso en el contexto de un problema grande de diseño aún no se realiza. Los estudiantes expuestos a este proceso de aprendizaje en secuencia, no han adquirido la habilidad de sintetizar los grandes problemas abiertos antes del cuarto año. A menudo, esperamos irracionalmente que los estudiantes del cuarto año hayan adquirido esta habilidad en el momento que reciben como tarea un proyecto completo en el curso terminal de diseño. Como uno se puede dar cuenta en la figura 3, el currículum holístico posee una estructura más amplia, en la cual el proceso de aprendizaje consiste en varios enlaces de retroalimentación. A menudo, el trabajo del curso se repasa y por ello importantes conceptos reciben de nuevo un énfasis a través del currículum. El concepto de problemas abiertos y la importancia de cursos individuales en el esquema general se entiende más fácilmente, ya que el estudiante está entrenado para pensar en términos de procesos totales desde el principio. El resultado para el estudiante es la obtención de una habilidad desarrollada para sintetizar y analizar problemas complejos y un

aumento de confianza en sí mismo respecto de la habilidad para abordar diversos tipos de problemas, los cuales puede encontrar un ingeniero durante el primero o segundo años en el ejercicio de su profesión.

La figura 3 también revela una analogía respecto del control de la retroalimentación que puede utilizarse por los profesores para evaluar los resultados del aprendizaje de los estudiantes. Los proyectos de diseño a través del currículum, proveen un medio para medir la desviación entre las actuaciones real e ideal del estudiante. Como ilustra la figura 3, los estudiantes de cuarto año proveen retroalimentación para todo el currículum (el proceso completo); por otro lado, los diseños del segundo y tercer años dan retroalimentación intermedia (sobre unidades individuales). Esto reduce al mínimo la desviación entre el producto final real y el ideal. Los currículos tradicionales emplean un tipo de control de alimentación (contenido) en el cual ésta se encuentra fija, pero el resultado casi nunca se mide. El éxito de una estrategia de control de alimentación de este tipo, depende de un modelo detallado y válido del aprendizaje del estudiante. Este modelo relaciona las actividades de la enseñanza con los resultados del aprendizaje. Pocas personas defenderían que existan modelos adecuados de este tipo. El control de la retroalimentación no requiere de un modelo tan detallado y por eso asegura una desviación mínima entre el producto final real y el ideal, además de ser una estrategia de control inherentemente más estable.

### Discusión

El currículum holístico tiene ventajas que obviamente pesan más que las desventajas. La ventaja principal es que los estudiantes saben la razón por lo que están aprendiendo. Esto genera entusiasmo por lograr nuevos conocimientos. Existen ejemplos excelentes de nuevos programas en los cuales se estimula a los estudiantes del primer año (Meade, 1993; Peterson, 1993; ECSEL, 1993); sin embargo, si estos estudiantes entraran a los cursos tradicionales que no guardan relación entre sí, cursos impartidos por profesores que tienen más interés en sus propias investigaciones, el entusiasmo de los alumnos por la ingeniería disminuiría. Creemos que los proyectos estimulan a los alumnos por el conocimiento de la ingeniería química. Ello no implica la inexistencia de desgaste; sin embargo, esto ocurre durante el segundo año. Los estudiantes que desertan de la ingeniería química, también deben llenar un cuestionario en donde se ha visto que la razón más común para abandonar sus estudios (aparte de la dificultad de los cursos) es su desagrado por esta disciplina. Creemos que los proyectos en el segundo año permiten a los estudiantes encontrar el significado de la ingeniería química y tomar decisiones tempranas acerca de su futuro en la universidad sin llevar muchas clases que no les servirán si cambian de carrera.

Muchos de los conceptos aprendidos por los estudiantes a lo largo del continuo proyecto de diseño, permanecerán en su mente por más tiempo que lo aprendido en una conferencia.

Trabajando en equipo los alumnos aprenden de cada uno de ellos y aprenden a comunicarse entre sí. En nuestro caso en particular, todos los alumnos desde segundo año hasta los últimos niveles de la carrera tienen un salón de trabajo con mesas y computadoras. A veces hacemos una analogía con una escuela de un solo salón: los de tercer año aprenden de los de cuarto, los de segundo de los de tercero, etcétera. Nuestros salones de clase se ubican en el mismo piso que la mayoría de las oficinas de los profesores. Este ambiente íntimo conduce al aprendizaje. Los alumnos reconocen la importancia de la disponibilidad de los profesores y al mismo tiempo respetan la necesidad de éstos para dedicar tiempo a la investigación de posgrado. Una enseñanza departamental ha evolucionado. Los alumnos saben que deben concluir estos proyectos, y los profesores, que ellos deben dedicar tiempo a dichos proyectos cuyas ventajas conocen los estudiantes por los exalumnos. Todos están conscientes de lo que se debe hacer y lo hacen.

Al finalizar el tercer año, los estudiantes, después de haber cumplido con el diseño y el análisis de un proceso químico completo, tienen un sentimiento de realización y saben que han aprendido algo útil. En el cuarto año, los estudiantes ya pueden abordar a los especialistas. Claro que aún cometen errores, pero los entienden y los remedian sin dificultad. Los alumnos consideran a los graduados como una prueba severa. Sin embargo, después de egresar siempre dicen que sintieron haber aprendido más de los especialistas. Como se mencionó anteriormente, los cuestionarios se aplican a los graduados dos años después de haber egresado y en ellos los egresados incluyen comentarios favorables a los especialistas y piden que no los cambien. Debido a la combinación de especialistas individuales y diseño de proyectos anuales dirigidos por un ingeniero en jefe estudiante, los alumnos de nuestro currículum holístico son más capaces de ingresar a un trabajo y tener un impacto inmediato. El hecho puede ser confirmado tanto por relatos anecdóticos como por los cuestionarios que son entregados a los supervisores de nuestros graduados. Sentimos que después de graduarse nuestros alumnos poseen la mayoría de las habilidades requeridas por la industria en nuevas contrataciones (Denning, 1992).

Aunque los estudiantes advierten que la mayor parte de su aprendizaje ocurre en el cuarto año, creemos que los fundamentos puestos por los proyectos integrados de diseño ocurren en el segundo y tercer año, lo que facilita la eficacia del cuarto año. En nuestra opinión, el cuarto año, en realidad, es más una etapa de pulimento que una de aprendizaje. Durante muchos años, cada curso de la licenciatura, o un pequeño grupo de cursos, tenía un proyecto de diseño que satisfacía los requisitos de ABET. El proyecto anual de diseño del cuarto año supervisado por un ingeniero en jefe estudiante, data de 1941; las especialidades se originaron con el programa PRIDE desarrollado en los años setenta (WVU, 1975). El segundo y tercer año integrados en la parte más nueva del programa se han implantado durante los últimos cinco años.

Éstos no se han instituido simultáneamente, sino que se empezó en el segundo semestre del tercer año y se agregó progresivamente a otros semestres hasta llegar al primer semestre del segundo año. Este proceso duró tres años aproximadamente. En nuestra opinión, esto fue la siguiente etapa lógica en la evolución del currículum holístico. Este proceso debe ser continuo. Cada año hay cambios sutiles en la extensión de los proyectos, pero queda por ver cómo se desarrollará este currículum en la próxima década. Hasta ahora, proyectos grandes, consideraciones económicas y comunicaciones orales y escritas extensas, están integradas a través de todo el currículum. Hemos observado mejoramiento significativo en los resultados del cuarto año desde que fue implantado el programa integrado del segundo y tercer años. Lo anterior se fundamenta en las observaciones de autores de este trabajo, uno de los cuales (RCB) ha estado en el departamento por 27 años y estuvo comprometido en el desarrollo del programa PRIDE, así como en el diseño del cuarto año la mayor parte de este tiempo. Los estudiantes tienen mucha más experiencia en la comunicación oral y escrita y son más capaces de aprender de los proyectos de diseño del cuarto año.

El currículum holístico también ayuda a los profesores a tener la certeza de que no falten temas importantes en el currículum. Los especialistas identifican conceptos que han sido olvidados o mal entendidos. Intentamos asegurar que el problema está resuelto para las clases subsecuentes otorgando inmediata retroalimentación a los cursos apropiados. Esto es la clave del control de retroalimentación de los resultados del aprendizaje de los estudiantes. Si los especialistas no son suficientes para corregir las deficiencias de los estudiantes del cuarto año, se incorpora trabajo adicional de los cursos de diseño. Todos los profesores saben lo que se enseña en todo el currículum; asimismo, conocen que las deficiencias aparecerán en el cuarto año. Este tipo de enseñanza departamental es tan contagiosa para los profesores como para los estudiantes. Nosotros (los autores), somos los defensores del currículum holístico, mientras que otros académicos gustosamente se adhieren al proyecto.

Naturalmente hay desventajas en nuestra versión del currículum holístico. Nuestro departamento es relativamente pequeño ya que nunca tenemos más de 55 alumnos graduados en un año. Nuestros cursos se ofrecen únicamente una vez al año y existe una severa sanción si se reprueba. No tenemos un programa cooperativo. Todos los estudiantes van juntos a lo largo del currículum y pasan largas horas trabajando en grupos. Con frecuencia trabajan en el edificio de ingeniería, nuestro programa es muy parecido a un programa profesional. Al lector le toca decidir si es una ventaja o una desventaja. Claro que, programas muy grandes tendrían dificultad para implementar *todos* los aspectos de nuestro currículum holístico. Sin embargo, si el modelo en la figura 1 se utiliza como base para el currículum y si se ofrece la oportunidad a los estudiantes de sintetizar y comunicar sus conocimientos tal como los aprendieron, se pueden

incorporar algunos de los aspectos del enfoque holístico a cualquier currículum de ingeniería.

### Implementación de estrategias

Ciertos factores específicos crean y sostienen la cultura que impulsa el currículum holístico y sentimos que por lo menos algunos se pueden poner en práctica en cualquier departamento de ingeniería. Estos son:

- Trabajo en equipo
- Participación de los profesores
- Estudiantes que funcionen como maestros

#### A. Trabajo en equipo

Una característica clave del currículum es el compañerismo de nuestros estudiantes. Como en cualquier organización, el trabajo en equipo requiere confianza, respeto, interés y una meta recíprocos. Aunque los estudiantes comparten una meta en común (por lo menos todos quieren graduarse), las otras actitudes requieren estímulo. El trabajo en equipo fomenta estas actitudes. Sin importar el trabajo de que se trate, el animar a los grupos de estudio, el usar parejas para el aprendizaje en clase o pedir proyectos de grupo como tarea, la influencia positiva directa o indirecta de equipos es obvia a todos los que los utilizan. Un resultado positivo del trabajo en equipo es que la competencia no llega a ser despiadada. Se dan cuenta de que no es necesario que algunos reprueben para que otros puedan aprobar. Para este tipo de problemas abiertos de diseño, creemos que es preciso utilizar métodos de evaluación basados en criterios y no en normas.

Vale la pena dejar a los estudiantes un área de trabajo. Un salón exclusivo para su uso cerca del centro de actividades del departamento es un enfoque concreto para gran parte de la enseñanza. Puede ser austero, pero debe tener mesas de trabajo y un pizarrón. Nuestro salón se ha desarrollado a través de los años y actualmente tiene computadoras, un sofá, un refrigerador y un teléfono, artículos que realmente no son necesarios.

#### B. Participación de los profesores

El interés del cuerpo docente es importantísimo. Cuando muchos profesores asisten a las sesiones de presentaciones individuales o de grupo, los estudiantes ven la importancia puesta por los profesores en los resultados de sus esfuerzos. Cuando los alumnos dan presentaciones orales, invitamos a los profesores que no imparten ese curso a asistir y hacer preguntas. No les quita mucho tiempo, ya que los profesores no tienen que prepararse para esta actividad. La actitud de los estudiantes cambia hacia sus presentaciones. Tienen un auditorio real. Las personas están interesadas en lo que ellos expresan. Los profesores invitados muestran respeto (y potencial interés) por el enfoque holístico cuando ven los impresionantes resultados.

A pesar de que para este enfoque sean necesarios pocos

defensores del cuerpo docente, la participación de otros profesores es indispensable para su continuidad. En nuestro caso, este currículum continuará aún después de que alguno de nosotros se jubile. Entre más profesores sean expuestos a esta enseñanza, un mayor número de ellos llegará a participar activamente. Pensamos que no será necesario que la mayoría de los profesores defiendan el enfoque holístico para tener éxito; pero una gran parte deberá sentirse cómoda con él mientras que se desarrolle; es decir, la cultura del currículum holístico se extiende tanto al campo docente como a los estudiantes.

#### C. Evaluación

La retroalimentación continua entre los cursos es posible solamente cuando todos los profesores participan en algún nivel. Los maestros debaten las relaciones entre los cursos en el currículum. Si algún maestro va a impartir un curso obligatorio en tercer año, puede preguntar a quienes imparten cursos del segundo año cuáles son las suposiciones razonables acerca de los conocimientos anteriores y, al mismo tiempo, investigar con los profesores del cuarto año qué esperan de estos estudiantes para el próximo año (o semestre). Un método que hemos usado de vez en cuando para desarrollar esta actividad es un taller de profesores que dura un día, cuyo enfoque se dirige al programa de estudios de licenciatura.

El plan de evaluación también es un componente del eslabón de la retroalimentación. Provee a los profesores información acerca del éxito de la educación de los estudiantes. Se supone que éstos no aprenden por el simple hecho de exponerse a las cosas correctas. El resultado del proceso de aprendizaje es medido utilizando los proyectos de diseño, a los especialistas, las entrevistas con los estudiantes y los cuestionarios enviados a los exalumnos y a sus jefes. Nuestro cuerpo docente está dispuesto también a hacer cambios en lo que enseña según los resultados del plan de evaluación.

#### D. Estudiantes que funcionen como maestros

Los estudiantes pueden ser grandes maestros. No estamos hablando de profesores auxiliares sino de estudiantes que se ayudan mutuamente en un ambiente informal. Naturalmente, los proyectos en grupo bien conceptualizados producen la enseñanza / aprendizaje entre iguales; pero decir a los estudiantes de segundo año que los de cuarto son "expertos" en las materias de segundo y de disponer de un lugar para interactuar, fomenta este importante componente del currículum holístico. Además, se invita a todos los estudiantes a las presentaciones orales en grupo y a menudo son los estudiantes quienes hacen las preguntas más perspicaces. Los de primero y segundo años ven a dónde van a llegar más tarde en sus estudios y ven a los del tercero y cuarto años como modelos. Finalmente, los profesores tienen también la oportunidad de observar los resultados de los esfuerzos de su enseñanza.

### Conclusiones

Un currículum holístico ha sido implantado, en el cual los estudiantes deben sintetizar los conocimientos una vez aprendidos. Un componente esencial es un sistema de control de retroalimentación en donde el contenido del currículum se puede modificar basándose en una comparación entre la actuación real e ideal de los estudiantes. Las habilidades deseadas para los graduados se enseñan a los estudiantes desde el principio del currículum, son reforzadas a través de éste y perfeccionadas por la experiencia. Los proyectos de diseño son el principal medio para realizar este objetivo. Una cultura departamental ha evolucionado alrededor de este currículum en el cual los estudiantes esperan estas tareas y en el que los profesores esperan participar. Creemos que el trabajo en equipo de los estudiantes, la participación de los profesores y el papel que como maestros desempeñan los estudiantes, son los componentes clave para implementar con éxito un currículum holístico.

### Apéndice

Del autor principal se pueden conseguir ejemplos de problemas de diseño utilizados en nuestro currículum. ■

### Referencias bibliográficas

- Bailie, R.C., Shaeiwitz, J.A. and Whiting, W.B., "An Integrated Design Sequence. Sophomore and Junior Years," *Chemical Engineering Education*, Vol. 28, 1994, pp. 52-57.
- Denning, P.J., "Educating a New Engineer," *Communications of the Association for Computing Machinery*, Vol. 35, No. 12, 1992, pp. 83-97.
- ECSEL, "ECSEL. Redesigning the First Year," *ASEE Prism*, Vol. 2, No. 9, 1993, pp. 30-33.
- Meade, J., "Change is in the Wind," *ASEE Prism*, Vol. 2, No. 9, 1993, pp. 20-24.
- Peterson, C.P., "Why Integrate Design," *ASEE Prism*, Vol. 2, No. 9, 1993, pp. 26-29.
- Shaeiwitz, J.A. and Bailie, R.C. "Integrating Design into the Sophomore and Junior Years," 1992 *ASEE Annual Conference Proceedings*, ASEE, 1992, pp. 1266-1272.
- Turton, R. and Bailie, R.C., "Chemical Engineering Design. Problem Solving Strategy," *Chemical Engineering Education*, Vol. 26, 1992, pp. 44-49.
- Whiting, P. H., "Writing for a Real Audience: A New Approach to Laboratory Reports," *Proceedings of 9th International Conference on Improving University Teaching*, Dublin, Ireland, 1983, pp. 275-283.
- Whiting, P.H. and Ludlow, J.C., "Writing to Instruct: A New Approach to Unit Operations Laboratory Reports," paper #76b, AIChE Annual Meeting, Los Angeles, November, 1982.
- Woods, D. R. and Sawchuk, R.J., "Fundamentals of Chemical Engineering," *Chemical Engineering Education*, Vol. 27, 1993, pp. 80-85.
- WVU, "West Virginia University and its PRIDE Program," *Chemical Engineering Education*, Vol. 9, 1975, pp. 110-114.

## La enseñanza de técnicas de dirección en la carrera de ingeniería química. Una experiencia novedosa

Luis Marín Llanes y Silvia Álvarez Rossell \*

### Resumen

En el presente trabajo, se muestran los resultados obtenidos en la impartición de Técnicas de Dirección a estudiantes de Ingeniería Química, por parte de los autores del trabajo que son ingenieros químicos, pues aunque estas técnicas han sido utilizadas por profesionales de diferentes perfiles, la enseñanza teórica de esta materia ha sido tradicionalmente realizada por psicólogos, sociólogos o ingenieros industriales. Además debe

destacarse el empleo de métodos activos de enseñanza y la aplicación que hacen los estudiantes de lo aprendido en actividades de formación de hábitos y habilidades profesionales, lo que hace posible la difusión de estas herramientas.

Se muestra la aceptación que tiene la asignatura entre los estudiantes motivado fundamentalmente por los métodos activos utilizados y la articulación con su futura profesión.

### Abstract

This paper, written by chemical engineers, shows the results obtained from teaching management techniques for students of Chemical Engineering. Eventhough

\* Facultad de Ingeniería Química, Instituto Superior Politécnico "J. A. Echevarría", Habana, Cuba.

Recibido: 8 de febrero, 1995; Aceptado: 15 de mayo, 1995.