



máquinas no habían sido inventadas por científicos o ingenieros con base científica, pero se requería de éstos para entender los principios que llevarían a su perfeccionamiento.

### La formación académica de los ingenieros

No todos los ingenieros se han formado en el medio académico. Muchos lo han sido a través de la práctica y han tenido un papel importante. Es el caso de los denominados "Ingenieros de la Casa" en Francia, cuya contribución fue tan destacada en el diseño de proyectos avanzado como el jet comercial Caravelle. Sin embargo, los ingenieros progresivamente han ido recibiendo una formación previa en institutos técnicos superiores o en universidades. En general, en esa formación se han distinguido dos "escuelas". Una, conforme al modelo francés que enfatiza la formación previa en ciencias básicas y de la ingeniería, orientada a desarrollar destrezas de pensamiento racional abstracto. La otra, conforme al modelo alemán, que une la enseñanza tecnológica a la entrega de conocimientos científicos. En nuestro país, la Universidad de Chile siguió el primer modelo mientras que la ex Universidad Técnica y la Universidad Federico Santa María se orientaron por el segundo. Con el tiempo, el modelo francés ha acabado imponiéndose en Chile y actualmente todas las universidades tradicionales lo siguen, aunque se ha perdido mucho de su fundamento conceptual original.

### Formación científica y creatividad

Es frecuente escuchar críticas, justas o injustas, sobre la creatividad de nuestros ingenieros. Al respecto, se echa de menos cierto cuidado en el desarrollo del diseño y la inventiva, que en cambio son fuertemente incentivados en escuelas como el Instituto Tecnológico de Massachussets. Conviene recordar que las ciencias, bien enseñadas, son útiles para adquirir destrezas de pensamiento lógico y para prever el comportamiento de los sistemas físicos, pero que no reemplazan el cultivo de la inventiva a través del diseño. Los conocimientos científicos mal enseñados o aprendidos, pasan a ser de escasa utilidad, respecto al tiempo que le dedican los programas de estudio tradicionales. Esto ocurre, por ejemplo, si la enseñanza de las matemáticas o la física se convierte en una serie de formulismos que el alumno maneja malamente y sin entender su significado. En ese caso simplemente se cumple un rito vacío e inútil. Desde luego, el manejo de las calculadoras electrónicas y el *software* ayudan a ocultar estas carencias, hasta que errores notorios las ponen de manifiesto. En palabras de un distinguido ingeniero, un *software* avanzado de cálculo estructural y un bisturí se consiguen por menos de 10 mil pesos en los mercados *informales* de Santiago (...), y su uso inexperto es igualmente peligroso.

### La evolución de la ingeniería

Cuando la ingeniería pasó a tener un papel dominante en la sociedad occidental en los siglos 19 y 20, cambiando el rostro de la civilización e incluso los equilibrios políticos del mundo, surgió una creciente complejidad. Especialistas de distintos campos interactuaron para desarrollar actividades productivas en todo el mundo, movilizando multitudes de trabajadores y enormes capitales, mientras las máquinas aumentaban en número y en potencia. Ello requirió incorporar conocimientos de economía y de gestión a la formación de los ingenieros, así como nuevos enfoques y técnicas

matemáticas al manejo de proyectos. Ese fue el origen de la ingeniería industrial, especialidad potenciada en EEUU por las necesidades de producción de la Segunda Guerra Mundial. También se enfatizó el papel de gestor, la importancia del liderazgo y la capacidad de coordinación de grupos de trabajo entre las cualidades del ingeniero. Por otra parte, la ingeniería, apoyada por el desarrollo de la electrónica y la informática se ha hecho cada vez más "modular", de manera que una de las tareas fundamentales del ingeniero es la de organizador de módulos independientes cuyo funcionamiento coordinado asegura la implementación y funcionamiento de los proyectos. Ello requiere una visión "sistémica" y entender que lo importante es el todo mientras que las partes son reemplazables. En el fondo, aquí se utiliza la visión de Laplace en sentido inverso: Se construye lo complejo partiendo de lo simple, definiendo reglas para sus múltiples combinaciones posibles

En este proceso, que sin duda continúa en evolución, las competencias centrales requeridas por el ingeniero siguen siendo una mente creativa y racional, la apertura a la acción y el emprendimiento y su disposición a liderar grupos humanos, lo cual requiere de carácter y capacidad de comunicación. La mejor manera de cultivarlas es a través de la propia enseñanza de los contenidos de cada especialidad, partiendo con la enseñanza de las ciencias básicas que debería estar orientada al desarrollo de destrezas intelectuales.

### La enseñanza de destrezas intelectuales

Es frecuente escuchar las quejas de los profesores respecto a sus experiencias prácticas en el aula de clases y al revisar el resultado de trabajos personales o grupales o las memorias de título (proyectos de fin de carrera). Se extrañan de que los estudiantes no vean lo "evidente" o propongan resultados que parecen absurdos. Sobre esas situaciones abundan las anécdotas. El punto importante es que en ese momento el profesor descubra que dio por sentadas destrezas, criterios o estrategias de pensamiento que no estaban en los logros de su enseñanza (ni de quienes lo precedieron en la formación de esos alumnos).

Respecto a lo señalado, el libro de J. Beas *et al* (2003) "Enseñar a pensar para aprender mejor" ayuda a entender mejor la situación antes descrita (por desgracia bastante generalizada). Así, los profesores dan por hecho que sus alumnos universitarios "saben pensar". La realidad es que muchos no han recibido esa formación (que en otros países es parte central de la enseñanza temprana) y necesitan que se les enseñe explícitamente esas destrezas. Tampoco esto puede ser "enseñado en el vacío". Por el contrario, se necesita que los propios contenidos del curso permitan transmitir destrezas intelectuales. Por ejemplo, el profesor pregunta algo; el alumno tiende a pensar si lo sabe o no, pero raramente en como puede llegar a una respuesta asociando los criterios y conocimientos que hace poco recibió. En este sentido, ese es el momento de destacar que el razonamiento es más importante que el mismo conocimiento.

El texto de Beas *et al* también enfatiza la importancia de que el alumno "reconozca sus propios procesos de pensamiento". Ello es importante para que pueda seleccionar "aquellos que le permiten resolver exitosamente los problemas que se le presentan", dotándole de una efectiva autonomía intelectual. Esto, junto con la demostración de las múltiples aplicaciones de las destrezas intelectuales a la vida diaria, generará una real "transferencia del aprendizaje".

Respecto a la formación de los ingenieros, es importante recordar que existe una tradición de pensamiento racional (muy claramente expresada por Laplace) que enfatiza el hecho de que el mundo físico puede ser entendido sobre la base de unos pocos principios simples. De ahí la importancia de la enseñanza de las ciencias en términos que resalten los principios que intervienen en cada caso, y el uso de las matemáticas para establecer relaciones y cuantificar. En ese proceso, la jerarquización de los factores en juego y el razonamiento lógico deben ser los hilos conductores. Sin embargo, actualmente muchos alumnos de ingeniería olvidan o confunden los tres principios de Newton que son la base de la Mecánica, y tienen dificultades para aplicarlos a situaciones prácticas. Algo está fallando y debería ser remediado.

### Las competencias en la formación de los ingenieros

Muchos profesionales aún activos recibieron su formación cuando la regla de cálculo era el instrumento que identificaba su profesión (como el estetoscopio de los médicos). Mucho ha cambiado desde entonces y un ingeniero que saliera de una máquina del tiempo tendría muchas dificultades para seguir una conversación entre colegas de su profesión. Pero con seguridad esos cambios son pequeños respecto a los que verán las próximas décadas. De ahí la necesidad de ser prudentes al momento de definir una enseñanza por competencias que pueda ser rígida o detallada en exceso (un programa muy detallado por asignatura es un signo de rigidez). Lo que sí es esencial es contar con cuerpos académicos que actúen como verdaderos gestores del conocimiento, al corriente de lo que ocurre y puede ocurrir en el mundo, adaptando su enseñanza a esa comprensión. Esa adaptación, realizada con buen criterio, no debe ser sólo el trabajo personal de los profesores, sino fruto del trabajo de un equipo que además está conectado con el medio externo pero que se esfuerza por ver más allá de las respuestas que recibe de él (cuya perspectiva puede ser limitada). Lo que no es en absoluto aceptable son docentes que simplemente “dan el programa”. Todo profesor debería siempre “formar por competencias” y tratar de entender cuales son las requeridas y cuales son las que puede entregar en mayor medida considerando su experiencia, conocimientos y habilidades. También compete al profesor contribuir a la educación de los futuros ingenieros, aportando su experiencia y perspectivas de vida. Ello es especialmente necesario considerando la escasa perspectiva histórica que entrega la actual educación media. El ser humano necesita organizar su perspectiva del mundo sobre un cierto conocimiento de su origen. El Departamento de Ingeniería de Minas de la Universidad de La Serena cultiva esa perspectiva histórica profesional, entendiendo que es parte de la cultura que debe transmitir a sus alumnos.

### Las competencias permanentemente vigentes

Existen competencias de vigencia permanente, que tienen carácter transversal, como las destrezas intelectuales, la capacidad de aprendizaje autónomo, la creatividad, la capacidad de comunicación oral y escrita, la disposición al emprendimiento, las competencias de liderazgo, el manejo del propio idioma y, ojalá, de un segundo idioma etc. Estas destrezas pueden ser impartidas a través de cursos especiales pero su consecución es muy difícil a menos que formen parte de los objetivos de los cursos profesionales propiamente tales. Sin duda, vale la pena dedicar esfuerzos a desarrollarlas, sin que eso implique un descuido de los objetivos específicos de la asignatura sino su efectivo logro.

A manera de ejemplo, se transcribe un documento preliminar elaborado por docentes de la Carrera Ingeniería Ambiental (ULS), con el objeto de obtener mejor partido de las tareas y del trabajo de investigación que realizan los alumnos como parte de sus asignaturas profesionales.

### Desarrollo Paulatino de Destrezas de Manejo y Uso de Información Científico-Técnica para la Carrera de Ingeniería Ambiental:

Primer Nivel (5° - 6° Semestres): Buscar, seleccionar y evaluar la pertinencia y confiabilidad de la información. Presentarla, citarla y resumirla adecuadamente.

Segundo Nivel (7° - 8° Semestres): Procesar matemática y gráficamente la información. Compararla y extraer conclusiones sencillas de esa comparación. Lograr destrezas básicas de redacción. Leer y exponer los aspectos principales de publicaciones científicas en castellano.

Tercer Nivel (9° - 10° Semestres): Discutir las posibles explicaciones y consecuencias de la información analizada. Formular hipótesis sencillas respecto a las regularidades y desviaciones observadas. Manejar la estructura de una publicación científica. Leer publicaciones en inglés.

Cuarto Nivel (11° y 12° Semestres): Utilizar las publicaciones leídas y las informaciones procesadas y analizadas para generar ideas de investigación y presentarlas en formatos de proyectos de investigación o de memoria de título.

Quinto Nivel (Memoria de Título – Proyecto de Fin de Carrera): Realizar contribuciones personales originales, utilizando las destrezas y conocimientos logrados en la carrera.

### Los alumnos: la otra mitad de la ecuación

Se cuenta de un rey que deseaba aprender matemáticas pero sin esfuerzo, a lo que el profesor convocado le respondió que "no había un camino real para las matemáticas". Da la impresión de que actualmente muchos alumnos creen que tal camino (fácil, plano, pavimentado) debe existir para ellos. Tal idea ha sido reforzada por confusiones con el papel de "clientes" tomado de otros sectores del rubro servicios y que ha llegado a infiltrarse incluso en algunos aspectos de las encuestas de satisfacción que rellenan semestralmente los alumnos. La realidad es que no se debe entrar a la universidad con las expectativas del que ingresa a un restaurante o a una peluquería, donde el servicio corre exclusivamente por cuenta de otros. Desde luego, es obligación del docente incentivar con su propio ejemplo el interés del alumno por la profesión elegida, pero poco se logrará si éste no pone el mismo esfuerzo de su parte. Estudiar bien una asignatura equivale a "descubrir" el conocimiento alcanzado en ese campo (ojalá explicado por el profesor con perspectiva histórica). Ese descubrimiento no puede ser realizado sin esfuerzo y dedicación (a menos que esté destinado a desvanecerse al instante, como tiende a ocurrir actualmente). Tampoco ayuda en este aspecto la liberalidad con que se autoriza que los alumnos inscriban hasta siete u ocho asignaturas por semestre, en su esperanza de acabar la carrera más rápidamente. Por otra parte esto contradice la idea general de que es bueno disminuir horas de clases para que el alumno pueda dedicar más tiempo a su estudio personal). En suma: necesitamos al estudiante "jugando en el mismo equipo" y

compartiendo el compromiso del proyecto común, qué es el pleno logro de su proyecto de vida y su futura contribución al progreso de la profesión y al bienestar del país.

## **Volver a Ciencia y Sociedad**