

El papel de la Ingeniería en una sociedad en revolución (*)

Por J. FIERRO BARDAJI

Gibbs & Hill Española, S. A.

La actividad de las empresas de ingeniería está experimentando un profundo cambio, a cuyo análisis se dedica el siguiente artículo, que incide especialmente en una serie de recomendaciones sobre la formación del personal técnico.

1. INTRODUCCION

Si existe algo claro en relación con el papel de la Ingeniería es que se encuentra en trance de revolución. No sólo la competitividad se ha acrecentado, debido a la proliferación de empresas de Ingeniería y servicios y a la relativa atonía del sector (ver Cuadro 1.), sino que también se han modificado la demanda de servicios y el marco en el que se desenvuelven las actividades.

La tradicional actividad de realización de proyectos está cediendo ante la demanda de servicios completos: proyecto, concurso de ejecución, gestión de la construcción, control de calidad, suministro de equipos, etc. Es una variante de los proyectos «llave en mano» aunque, a menudo, desprovista de responsabilidad financiera que exige, cada vez más, la prestación de servicios de carácter interdisciplinario. Esto es tan cierto que, actualmente, no se concibe prescindir de la palabra «integrado» para referirse a cualquier estudio, aprovechamiento,

análisis o plan que se proponga lograr un tinte de modernidad mínimamente aceptable. Todo ello se combina con la alteración que, en la práctica de la ingeniería, han producido la disponibilidad de ordenadores y la implantación generalizada de métodos informatizados de gestión, cálculo, diseño y control.

Es corriente y práctico clasificar los servicios en dos tipos que, a su vez, corresponden a estructuras organizativas, modos operativos y mercados diferentes, aunque complementarios que en los EE.UU. se suelen designar como ingeniería y consultoría.

La primera suele radicar en organizaciones numerosas, de naturaleza diversificada mientras que la segunda se basa en un número reducido de expertos en campos muy especializados. Visto de otro modo, la ingeniería tiene un carácter fundamentalmente empresarial y constituye un campo adecuado para la generalidad de los ingenieros. Por el contrario, la consultoría tiene un carácter más académico, en parte debido a la procedencia de muchos de los consultores, y se nutre fundamentalmente de profesores e investigadores.

Dado que ambas actividades tienen problemáticas distintas no es apropiado tratarlas simultáneamente por lo que aquí nos limitaremos al análisis de la situación y evolución de la ingeniería que ha sido el campo de actividad del autor durante veinticinco años.

2. LA REVOLUCION NECESARIA EN LA EMPRESA DE INGENIERIA

No es fácil pronosticar cómo será la ingeniería dentro de algunos años, pero no es aventurado suponer que será bastante diferente de

CUADRO 1

EVOLUCION DEL SECTOR EN 1986

SUBSECTOR	MERCADO NACIONAL	MERCADO EXTERIOR	TOTAL
Ingeniería Civil y Agraria ...	+ 5 %	- 22 %	0 %
Ingeniería Industrial	+ 6 %	- 22 %	- 3 %
Organización y Estudios ...	+ 9 %	- 5 %	+ 7 %
Servicios	- 3 %	- 2 %	- 4 %
TOTAL	+ 5 %	- 21 %	- 2 %

(Datos en pesetas constantes, según ASEINCO, MEMORIA 1986).

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de diciembre de 1988.

la actual. La revolución que, deseada o temida, ha comenzado ya, va a afectar a todos los aspectos de la empresa de ingeniería. De entre ellos, podemos fijarnos en los que afectan a las estructuras organizativas, a los métodos de trabajo y al personal técnico. Este último aspecto es el más importante, no sólo porque los técnicos son el activo principal de las empresas de ingeniería, sino porque les va a tocar ser, ya les está tocando, los artífices, o las víctimas, de la revolución en los restantes aspectos como organización, métodos, etc.

2.1. Organización

Aunque resulte obvio, hay que decir que, para que una empresa de ingeniería funcione bien, debe tener una organización establecida y conocida. Cuando las empresas eran muy pequeñas, a menudo dedicadas a un tipo muy específico de proyectos, la organización era muy sencilla. Había un jefe y luego los demás. Una especie de tienda en la que las cosas se hacían como decía el dueño. Aunque llamar organización a ésto pueda parecer un abuso del lenguaje, no se puede negar la eficacia del sistema, en el caso de empresas pequeñas, dado su carácter, a la vez, estable y claro.

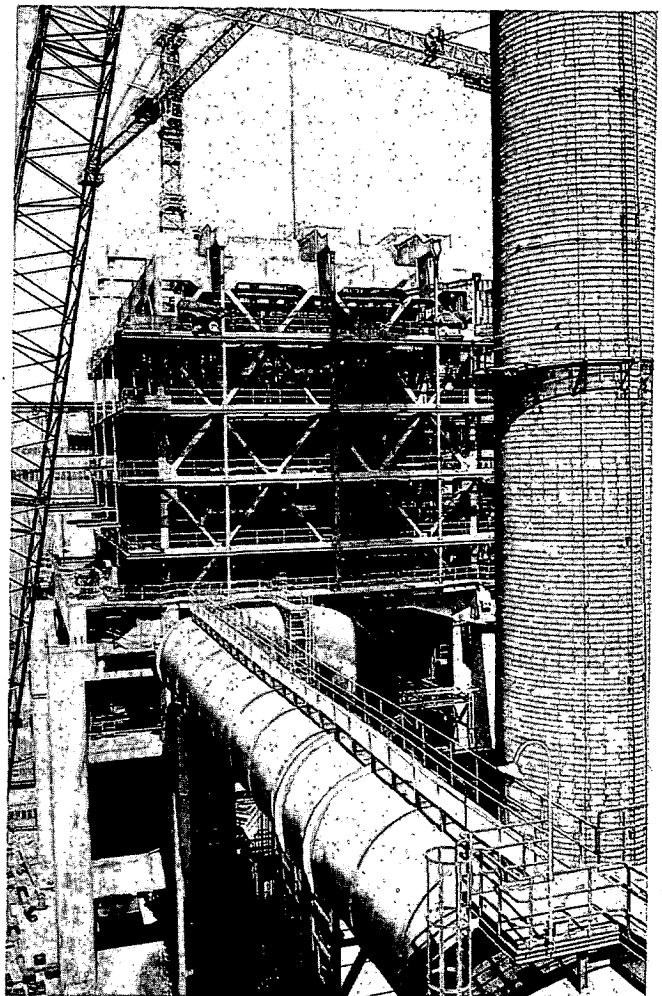
Durante años se confió en la fórmula 1:2:4, referida a la proporción de ingenieros superiores, medios y delineantes. Esta terna de números llegó a adquirir un cierto carácter mágico y constituía una célula de producción que sirvió de base a muchas organizaciones. La yuxtaposición de estas células elementales, dotadas de cierta permeabilidad para acomodarse a una carga de trabajo variable, formaba la compañía o, en ciertos casos, el Departamento de «Estudios» de una empresa constructora o industrial.

Con la iniciación de grandes proyectos industriales, la influencia norteamericana impuso, por razón y por moda, las estructuras, matriciales como solución orientada a armonizar la organización por proyectos, tipo «task force» con el mantenimiento de grupos especializados agrupados de manera estable y asignados a los trabajos en curso a tiempo total o parcial. Aún más que el anterior, este sistema se puede apli-

car bien o mal. Por decirlo de modo sencillo, es un sistema organizativo que requiere una técnica de implantación y de utilización y mecanismos de control y autocorrección.

La evolución de los métodos muestra tendencias relativamente claras. Parece disminuir la tendencia a dispersar el trabajo, distribuyéndolo entre muchas personas de habilidades monográficas, y crecer su concentración en menos personas con conocimientos más amplios. Quedan, como partes separables, las colaboraciones de los especialistas en aspectos bien definidos y acotados. Esta tendencia se explica por la necesidad de mejorar el control del progreso y de gasto (éste último más difícil si se recurre a grupos participantes muy numerosos) y por la creciente relevancia de la informática personal en el desarrollo de las actividades.

Asimismo se ha introducido en la práctica



de la ingeniería una nueva modalidad: la comercialización de productos, entendiendo por tales el conjunto de tecnologías adquiridas, metodologías, programas de ordenador y, en general, conjunto de destrezas utilizables repetitivamente.

2.3. Personal

Como se ha dicho antes, el personal es el activo principal de las empresas de ingeniería dado que lo que venden es, fundamentalmente, talento transcrito en papel. A diferencia de ciertas instalaciones industriales en las que las máquinas siguen trabajando sin que importe gran cosa el estado de ánimo de su persona, la empresa de ingeniería depende absolutamente de la formación, distribución y evolución de su personal.

La demanda de servicios de ingeniería se distribuye y evoluciona con independencia de la de las organizaciones que aspiran a atenderla. Esto ocasiona carencias o excedentes que repercuten desfavorablemente en el ánimo y en el rendimiento de los técnicos e implica un elevado coste social al dejar inactivas a personas cuya formación, penosamente adquirida, deja de tener aplicación.

Si, más adelante, se produce un relanzamiento de las actividades se partirá de una situación de retraso que habrá que pagar en esfuerzo, horas y, posiblemente, ineficacia inicial. Pero aún en el caso de estabilidad de la demanda, se produce una transformación en las plantillas derivada de su envejecimiento.

Durante años, este tipo de organización ha parecido incuestionable. No sin razón, ya que con él se ha logrado hacer funcionar grupos interdisciplinarios numerosos y cambiantes responsables de grandes proyectos y utilizar económicamente los recursos disponibles. Pero hay algo más que explica el éxito de las organizaciones matriciales. Este tipo de organizaciones tiene una terminología, o jerga, propia que lo prestigia. Usa abundantemente de siglas y palabras en inglés y, cuando usa de términos habituales, lo hace en nuevas y, frecuentemente, sorprendentes acepciones. El resultado provoca una actitud reverencial hacia el método y

quien parece conocerlo que dura hasta que, con el paso del tiempo, la terminología se asimila y se desmitifica.

Recientemente se tiende a criticar la organización matricial a la que se achacan inconvenientes derivados del exceso de ordenancismo. Sin embargo, no se ha encontrado validez general a un tipo de organización sustitutiva que pueda servir de pauta en la evolución necesaria.

La evolución natural de las organizaciones matriciales favorece la acumulación de personal directivo o supervisor que, a medida que asciende en el organigrama, aumenta el número de los supervisores mientras disminuye el de los supervisados. Es arriesgado pronunciarse por una línea de evolución capaz de paliar este inconveniente sin recurrir a un estancamiento de la plantilla que acarrearía un probable y extendido desánimo. Quizá parte de la solución radique en ampliar el contenido de los puestos del organigrama dotándoles de autonomía y responsabilidad suplementaria.

2.2. Métodos

Los métodos son el desarrollo de la organización y tienden a automatizar su funcionamiento. basados en el principio de que la gente funciona si se le dice con claridad qué tiene que hacer y cómo, suelen establecer repartos de alcance, flujo de información, procedimientos de comprobación e interrelación, sistemas de control de progreso y gasto, planificación estratégica, etc. Cumplen la función que, con cierta crudeza, describía Ortega y Gasset: «El método, pensar mecanizado, ha permitido... el aprovechamiento del tonto». Aún más permiten el del listo, en la medida en que no coarten iniciativas. el conjunto de los métodos, escritos o no, pero implantados es lo que constituye la «cultura» de la compañía en su sentido más amplio.

3. LA FORMACION DEL PERSONAL TECNICO

Se trata, en opinión del autor, del aspecto que más decisivamente va a influir en el éxito o el fracaso de la revolución necesaria. Proce-

damos a examinar la cuestión partiendo del material inicial: los ingenieros recién titulados que llegan a las empresas.

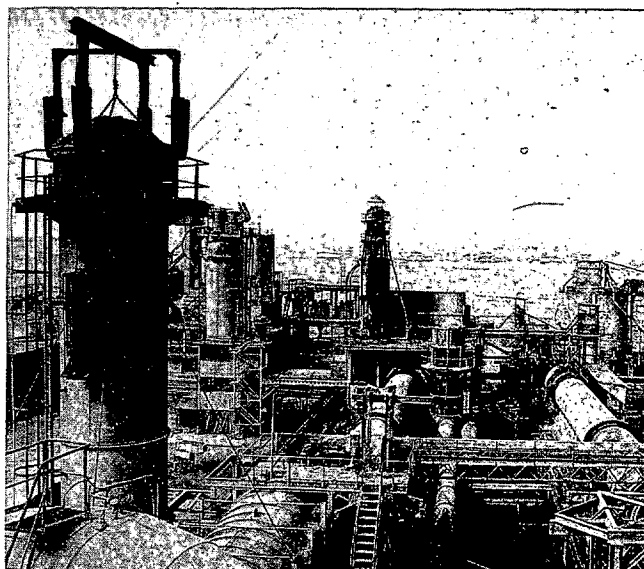
Viene siendo moda suscitar la polémica de si la formación que se imparte en nuestros centros de enseñanza superior es adecuada o no a las necesidades de la sociedad. Concretando más, hay otra polémica sobre si la formación adolece de exceso de teoría y falta de práctica.

El asunto no es trivial ya que condiciona los términos en los que las empresas, todas las empresas, los centros de investigación y los organismos de la administración van a desenvolverse en el futuro inmediato en competencia con técnicos procedentes de otros países de Europa. Sin embargo, el riesgo de esta competencia afecta desigualmente a unos y otros técnicos. Mientras que los técnicos al servicio de la administración parecen tener las perspectivas más claras, los dedicados al campo de la ingeniería las tienen mucho más turbias.

El autor, que ha dedicado parte de su actividad a la docencia, tanto en el ámbito oficial como en el de la empresa privada, ha llegado a algunas conclusiones que se exponen y se justifican seguidamente:

- Los planes actuales de enseñanza no preparan al ingeniero para actuar con eficacia *inmediata* en su actividad profesional.
- Los planes de enseñanza futuros *no deben* preparar al ingeniero para actuar con eficacia *inmediata* en su actividad profesional.
- En la disyuntiva teoría práctica hay que dar prioridad a la teoría, sin perjuicio de examinar críticamente los programas docentes con el fin de enseñar la teoría susceptible de sustentar aplicaciones prácticas.

Es evidente que la diversidad de campos de actuación de la ingeniería es tan grande, aún dentro de una única especialidad, que nunca se podrá formar ingenieros que hayan adquirido en las aulas la familiaridad necesaria con el conjunto de destrezas que, según su actividad, puedan llegar a necesitar. Incluso, la heterogeneidad de funcionamiento de unas empresas y



otras haría ilusorio el intento. Se trata, por tanto, de formar técnicos, especialistas o no, capaces de particularizar la formación a los casos concretos que el ejercicio profesional les plantee desde una perspectiva elevada y amplia.

En cuanto al énfasis puesto en la teoría (por ejemplo enseñar o no las series de Fourier) y la práctica (por ejemplo, enseñar o no los métodos de planificación) hay que pronunciarse por la primera opción. De hacerlo así, al cabo de seis meses de trabajo, se dispondrá de un ingeniero que sabe planificar y series de Fourier, mientras que en el segundo caso sólo sabrá planificar. La cuestión estriba, pues, en si las series de Fourier son un conocimiento necesario al ingeniero para dominar un conjunto de técnicas que justifique su inclusión en los programas de estudio. Aún más, deben incluirse aquellas materias capaces de poner a los profesionales en el camino de la innovación. Este énfasis en la teoría, o si se quiere en la formación básica, favorece además la adquisición de una destreza que resulta fundamentalmente en la práctica de la ingeniería: la amplitud para enfrentarse con lo inesperado.

Por vía de ejemplo, un estudiante de Ingeniero de Caminos, podía encontrarse con la teoría del pandeo elástico en las siguientes asignaturas: Ecuaciones Diferenciales, Resistencia de Materiales, Hormigón armado y Estructuras Metálicas. En cambio quizá no daba tiempo de que le explicarán cómo calcular un modesto pi-

lote (*). Parece como si la racionalidad de los programas chocara con el intento de aumentar la relevancia de la propia especialidad extendiendo su ámbito hasta el límite de lo posible.

4. LA FORMACION CONTINUADA. ¿RESPUESTA O COARTADA?

Por fortuna, la sociedad se ha dado cuenta de la necesidad de reciclar a sus técnicos y, con frecuencia, se anuncian seminarios y ciclos de conferencias orientados a este fin. Siendo esto mejor que nada, ¿es suficiente? ¿No se corre el peligro de que la convocatoria de estos cursos sirva de cortina de humo para ocultar una carencia estructural a la que sirve de mera tapadera?

Observemos el ámbito en el que estos cursos se organizan: Generalmente, tienen su sede en las propias Escuelas de Ingeniería, o los promueven los colegios profesionales en condiciones que se anuncian muy abiertas, pero que resultan disuasorias: Duraciones de varios meses, asistencia diaria, horario sólo aparentemente compatible con el de trabajo y elevado coste. Salvo el caso de jóvenes profesionales subvencionados, con riesgos evidentes, por sus empresas (**), o en paro, raro es el profesional que puede comprometerse y mantenerse en la disciplina necesaria para seguir eficazmente un curso de esta naturaleza. Y eso, si reside en una ciudad donde exista tal oferta. Si no, está condenado, simplemente, a la obsolescencia.

Es fácil imaginar una respuesta inmediata: «El que algo quiere algo le cuesta, y bastante hacemos nosotros con organizar estos cursos a pesar de la escasez de medios disponibles». Pero ésta no es la cuestión. No sirve de nada el poder echar la culpa al colectivo de ingenieros docentes o colegiales que ya han cumplido con su misión al hacer la oferta de estos

cursos. Se trata de que, con o sin culpa, muchos de los ingenieros españoles no se reciclan de modo sistemático y la sociedad, en su conjunto, es la principal perjudicada.

En opinión del autor, hay que modificar el tipo de oferta docente para postgraduados para hacerla extensa, atractiva y barata. El curso de profesor y pizarra, con apuntes tirados a multcopista, o por otro método editorial más brillante pero igualmente insuficiente, no da respuesta a las necesidades actuales. Ni muchos pueden asistir con continuidad, por viajes; acumulación de trabajo, dificultad de horario o alejamiento geográfico, ni se puede considerar suficiente la inscripción en un curso de 40 ó 50 técnicos de un total de más de 20.000 que trabajan en el sector de Ingeniería y Consultoría (*).

La categoría técnica de un país depende más de la de su estrato menos competente técnicamente, que de la existencia de cumbres aisladas de prestigio mundial. Por ello no es tan importante que algunos sepan mucho, como que muchos sepan más, que los grandes especialistas se darán por añadidura.

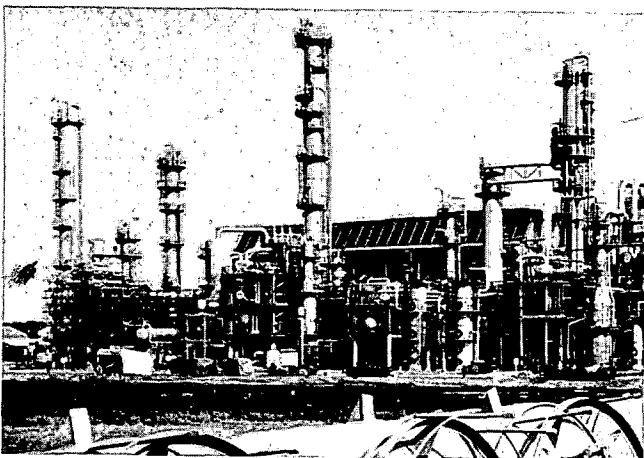
El Estado, u organizaciones de ámbito estatal, son los únicos que pueden hacer frente a la tarea ingente de reciclar periódica y masivamente a grupos completos de profesionales. El método puede basarse en programas audiovisuales, a veces simples «cassettes», puestas a disposición de los profesionales en régimen de préstamo como los libros en las bibliotecas públicas, en número suficiente para responder a un demanda importante o pagaderas de modo gradual y a bajo coste. No se trata tanto de que el que quiera aprender que lo pague, sino de si al país le interesa que se quiera aprender y está dispuesto a estimularlo y financiarlo con visión de futuro inmediato.

Esta formación debe complementarse, en el caso de ingenieros sin experiencia, con un régimen de tutorías en las propias empresas que le faciliten el contacto con ingenieros experimentados que le puedan orientar en su primera labor profesional. Se trata de combinar la formación académica con el principio de «aprender a hacer haciendo».

(*) Como le ocurrió al autor de este trabajo.

(**) Es posible, aunque poco útil, hacer que el ingeniero becado suscriba un acuerdo por el que se compromete a devolver parte, o todo, el coste de su formación en caso de no permanecer cierto tiempo en el empleo. De ejercitar esta retención forzosa se consigue fastidiarle, pero no motivarle para trabajar esforzada y creativamente.

(*) ASEINCO, MEMORIA 1986.



5. ALGUNOS ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL

Es oportuno pasar revista a algunas lagunas de la práctica de la ingeniería que, sin implicar afirmaciones absolutas, suponen, en opinión del autor, tendencias que hay que reconsiderar y, quizá, combatir.

Es frecuente referirse a la escasez, y frecuente incompatibilidad de la normativa española. Esto, unido a la importación de ciertas tecnologías procedentes de los Estados Unidos, han creado una tendencia al uso de normas americanas en el proyecto de ciertas instalaciones industriales. Esta práctica, inobjetable cuando se trata de instalaciones grandes y complejas sujetas a patentes y suministro o licencia extranjera, ha acabado por incorporarse, por inercia, a proyectos de total suministro nacional. Como parte de estos proyectos, proliferan minuciosas especificaciones que, explicables cuando el nivel tecnológico de España era mucho más bajo, pueden ser innecesarias actualmente.

La proliferación de programas de ordenador y la amplia disponibilidad de tiempo de proceso han devaluado la intuición y la experiencia. El autor ha apreciado la tendencia al proceso repetido, a veces lentamente convergente, de soluciones poco meditadas. El resultado es una solución finamente analizada y no se sabe si bien concebida, pero ¿es que el ordenador es tan cómodo!

Se está generalizando la adjudicación de proyecto y suministro simultáneos, incluso en instalaciones de muchos cientos de millones de

pesetas. No cabe sino pensar que la labor de proyectar no goza de prestigio entre un amplio sector de la sociedad. Y, si tal sucede de manera creciente, sólo cabe pensar que a lo largo de años no lo hemos hecho bien y se ha prestado más atención a presentar gruesos volúmenes de cálculos y planos que a proyectar con rapidez y dentro del presupuesto y del plazo previsto instalaciones eficientes, disponibles y seguras. Quizá por eso disminuye la disposición a pagar por algo que sólo parece papel y que, de contratar directamente con el constructor o suministrador de la instalación, aparece como un coste indirecto en lugar de producir facturas.

Ante esta perspectiva de calidad decreciente hay que preguntarse si cabe hacer algo. Antes de nada, la calidad en los proyectos, ¿es algo que se nota, que se persigue, que se valora? Hace algunas décadas apenas existía la labor de proyecto. Sólo algunas obras o instalaciones singulares tenían proyecto propiamente dicho y siempre redactado por algún ilustre patriarca de la técnica. Ahora, con la fácil disponibilidad de ordenadores, la labor de proyectar se ha facilitado pero, simultáneamente, se ha abierto el paso a la insensatez desde que, casi cualquiera, puede establecer un récord sin más que disponer de un programa que asegura que aquello resiste.

Uno de los resultados de esta tendencia es tan previsible como preocupante. Si el ejercicio de una labor técnica está devaluado, aunque esté hecho expertamente, la solución sólo puede ser pasarlo a manos de personal más barato, por menos experto. Es verosímil que salga peor, con lo que se vuelve a devaluar, y así sucesivamente. No es, pues, de extrañar que el ejercicio de la técnica goce de escaso prestigio también entre los jóvenes profesionales que la ven como mero trámite intermedio para pasar a puestos de gestión, organización, etc., lo que les permitirá olvidarse, y sorprendentemente algunos presumen de ello, de las ecuaciones de Maxwell, de las integrales definidas e, incluso, de las operaciones con quebrados.

Por el contrario, no escasea la demanda de estudios previos: de oportunidad, de viabilidad, comparativos, de optimización, de financiación, de impacto ambiental, sociológico, tecnológi-

co, etc. Una posible explicación es que, por su carácter esencialmente no ejecutable, permiten diluir responsabilidades y aplazar decisiones.

6. LA REVOLUCION

La revolución principal que necesita nuestro sector es, en opinión del autor, la de la mentalidad de las personas que la componemos. Parte de esta revolución se basa en la introducción creciente de la informática en las actividades de las empresas. Pero también en los despachos de los directivos. No se es mejor directivo por haber olvidado la técnica o por no saber darle a la tecla de un ordenador.

Es preciso renunciar a la mentalidad de regla de cálculo y con ello perder el miedo a empezar de novato con un ordenador sobre la mesa teniendo que pedir ayuda periódica a ingenieros mucho más jóvenes y mucho peor pagados. Es preciso que los directivos vuelvan a participar intensamente en actividades técnicas, lo que les mantendrá al día, sobre todo en la fase de iniciación de los proyectos (lo que llaman los americanos, «subirse las mangas»). Es preciso volver a coger el lápiz de mina fina para croquizar una solución, o como alternativa, esquematizarla con un sistema CAD. Es preciso no pedir tantos «informes completos» y lanzarse a la arena a palpar y resolver los problemas.

La informática personal favorece este retorno al ejercicio de la técnica, que por otra parte resulta altamente estimulante, en condiciones poco peligrosas ya que se puede realizar en la intimidad del despacho. En la disyuntiva entre hacer y delegar, vale la frase de Peter Drucker que ha expresado la solución de modo lapidario: «No se trata de hacer más cosas. Ni de hacer las cosas mejor, sino de hacer las mejores cosas».

La segunda parte de la revolución se refiere

a los aspectos humanos. Este es un asunto que está tan de moda en las publicaciones recientes que no requiere argumentación especial. Desde los primeros trabajos de Frederick Taylor hasta los más recientes de William Ouchi, la literatura sobre temas de gestión está llena de métodos y teorías que destacan la importancia de los aspectos humanos en el funcionamiento de las empresas. El autor recuerda una respuesta, a la que también hay que perder el miedo, de alguien que escuchaba estos puntos de vista: «Sí, si empiezas paseándote por la sala y te acaban llamando de tú».

Lo que es evidente es que si no hacemos esta transformación bien y ya, vendrán quienes ya la traen hecha. Y tendremos que unirnos a Boabdil en el llanto por lo que no supimos defender.

Jesús Fierro Bardaji.



Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (Madrid 1963). Director de operaciones de GHESA, Gibbs & Hill Española, S. A. Ingenieros Consultores, Madrid. Ha sido profesor encargado de curso de Resistencia de Materiales, Elasticidad y Plasticidad durante más de una década, Director de los cursos de Tecnología Nuclear para postgraduados (ICAI) y profesor inv-

tado en curso de Garantía de Calidad y otros cursos para postgraduados organizados por la UPM y por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). También ha dado conferencias sobre organización de proyectos y análisis estructural en varios países de Sudamérica y en la República Popular China. Su experiencia incluye proyectos de estructuras industriales, puentes, chimeneas, diques y muelles de atraque, depósitos y estructuras para centrales hidroeléctricas, térmicas y nucleares construidas en España, República Dominicana y Filipinas.