

UN INGENIERO PARA EL FUTURO DE COLOMBIA

Por: **Heberto Tapias García**
*Profesor Ingeniería Química,
Universidad de Antioquia*



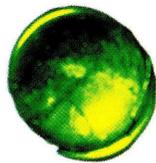
o pretendo filosofar sobre la profesión de la ingeniería, y mucho menos hacer futurología.

El propósito de este artículo es ofrecer un marco de referencia amplio sobre los problemas y retos que tendrá que enfrentar el

futuro ingeniero colombiano, en un entorno turbulento, en transición, complejo, donde la actividad intelectual y el conocimiento científico y tecnológico están en el centro de la estrategia de desarrollo de las sociedades modernas; y en el que todavía no se tiene una teoría explicativa general que capture el arreglo y la dirección de las líneas de fuerza del cambio y sus trayectorias evolutivas.

El contexto que describiré lo he reducido a lo que considero son los procesos sociales orbitales más significativos en juego y a los problemas que obstaculizan la construcción de un país moderno más justo y equitativo, y participe creativamente en un nuevo ordenamiento internacional.

No pondré en duda la pertinencia social de la ingeniería. Lo que si me propongo compartir con ustedes es que la sociedad colombiana necesita un ingeniero formado con un nuevo paradigma que le permita educarse para una nueva sociedad y para un ambiente de trabajo diferente al que tenemos hoy.



LA INGENIERÍA EVOLUCIONA

Aunque pareciera una irreverencia a la autoridad que reclaman de algunas definiciones absolutas sobre la ingeniería, me atrevo a afirmar que ninguna de ellas es continente de la esencia y complejidad de lo que es la ingeniería o lo que será en el futuro. A cambio pienso, como otros autores, que la ingeniería es una profesión en permanente transformación y continua construcción. Como en continua transformación y construcción está el entorno donde actúa y vive el ingeniero, y en continua evolución se mantienen el conocimiento y las herramientas que usa para intervenirlo. No en vano la enseñanza de la ingeniería ha evolucionado siguiendo dos paradigmas¹, obedeciendo estos patrones a la concepción de lo que se consideraba que debía saber y hacer un ingeniero.

En el primer paradigma se consideraba al ingeniero una persona eminentemente práctica, con poca aplicación de la matemática que no iba más allá del cálculo elemental y con una gran pericia para el diseño de acuerdo a códigos y otros métodos bien definidos y resumidos en los manuales. En correspondencia con este perfil se enseñaba la ingeniería en las universidades con profesores vinculados a la industria o que provenían de ella. Este patrón cambió alrededor de la década del cincuenta, en virtud de que los métodos tradicionales presentados en los manuales y enseñados en las universidades eran inadecuados para las nuevas demandas profesionales impuestas

por los nuevos desarrollos tecnológicos, tales como la ingeniería nuclear, el radar, la aviación a reacción, para sólo mencionar algunos. Las nuevas tecnologías requerían otra lógica y una mayor fundamentación en matemáticas, ciencias básicas, y ciencias de la ingeniería que dieran cuenta de los principios y leyes que subyacían en estas aplicaciones. Fue con este paradigma que se introdujo en la educación en ingeniería las ecuaciones diferenciales, la teoría de los sistemas de control, y fenómenos de transporte entre otros conocimientos en algunos programas de ingeniería.

La emergencia de la globalización económica, política y cultural; el despliegue de un nuevo paradigma tecnoeconómico impulsado por la microelectrónica, la tecnología de la información y las telecomunicaciones; concomitantes con la aparición de una revolución de efectos más profundos e impredecibles, *la revolución del conocimiento*, están generando lo que ha dado en llamarse una sociedad del conocimiento, que sumados a la profunda crisis que vive hoy la sociedad colombiana, configuran un contexto que reclama un nuevo paradigma en la formación de los ingenieros colombianos.

Son dramáticos los cambios a los que estamos asistiendo con el despliegue de una nueva civilización que trae consigo, nuevos problemas, nuevas necesidades, maneras diferentes de producir y or-

ganizar el trabajo, cambios en las prácticas comerciales y de gestión de las organizaciones, aparición casi explosiva de productos inimaginables, formas diferentes de hacer el trabajo y de relacionarnos, y aún hasta de concebir y sentir el mundo; que se traduce en una nueva forma de vida de las personas y de organización de la sociedad y sus relaciones internacionales, y que por lo tanto demandan cambios en la educación de todos y muy particularmente en las competencias de los futuros ingenieros².

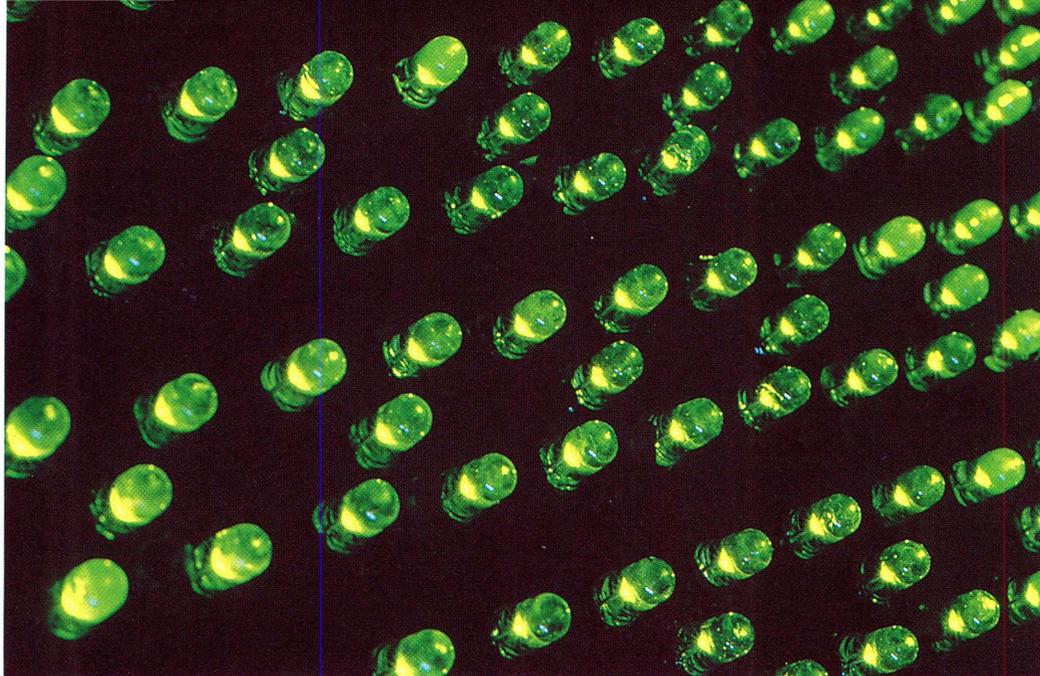
LA GLOBALIZACIÓN

Las relaciones internacionales se desarrollan hoy en un escenario nuevo en permanente transformación, caracterizado por un proceso amplio y profundo de transformaciones en las relaciones entre sociedades y naciones en las esferas económica, política y cultural. A esta nueva forma de relacionamiento y organización de las sociedades del mundo se le ha denominado globalización. Si bien la globalización no es un proceso nuevo o ahistórico, sí se manifiesta ahora más visible e intenso en sus transformaciones y sus efectos³.

¹ Prados, John W. "Engineering Education in the United States: Past, Present and Future", *International Conference on Engineering Education, Rio de Janeiro, August 17-20, 1998.*

² De Carvalho, Anna Cristina B.D., Vieira P., Arthur José, "The Engineering and Cognitive Development", *International Conference on Engineering Education, Rio de Janeiro, August 17-20, 1998.*

³ Garay, S., Luis Jorge, "Globalización y crisis. ¿Hegemonía o corresponsabilidad?", *Colciencias, Tercer Mundo Editores, Bogotá, marzo 1999.*



En la esfera económica es donde más avanzada se encuentra la globalización. Con un modelo de competencia abierta mediante la liberación y desregulación de los mercados internacionales de bienes de capital y servicios, se viene imponiendo a los países del tercer mundo una reforma estructural en sus economías; supuestamente para ajustarlas a las nuevas leyes del mercado según la óptica neoliberal.

Son los desarrollos tecnológicos en la informática y las telecomunicaciones y el paradigma tecnoeconómico asociado con la próxima revolución tecnológica —según Carlota Pérez⁴—, los que han posibilitado que la globalización tenga un alcance más allá de una mera internacionalización del capital y *haya tomado la fisonomía de una socialización global cada vez más intensa*⁵.

NUEVO PARADIGMA TECNOCÓNOMICO

Plantea Carlota Pérez, que el desarrollo económico de los países capitalistas, desde lo que se co-

noce como revolución industrial en Inglaterra hasta hoy, se ha dado por ciclos con períodos de auge y de depresión que se repiten aproximadamente cada 50 a 60 años de acuerdo con la evidencia empírica registrada por Kondratieff. Esos modos de desarrollo económico son impulsados por un *paradigma tecnoeconómico* configurado alrededor de una revolución tecnológica. Son ejemplos de estas revoluciones: la revolución industrial en Inglaterra, la desatada y asociada con el ferrocarril, la configurada alrededor del motor de combustión interna y la electricidad, y la que estamos viviendo en sus estertores con la línea de ensamble, la petroquímica y la producción en masa.

La difusión o despliegue de cada *revolución tecnológica*, conformada por una constelación de sistemas tecnológicos con una dinámica común que afecta todo el aparato productivo, es guiada por una lógica general que orienta no sólo las decisiones de inversión sino también las innovaciones y los cambios tecnológicos. Es tal la fuerza de ese conjunto de criterios e ideas para la toma de decisiones

en la práctica productiva óptima y la gestión de la producción, que resulta penetrando la conciencia colectiva y convirtiéndose casi en sentido común de científicos, ingenieros, gerentes, inversionistas y todos los que se vinculan a las actividades económicas. Estas revoluciones conducen a profundos cambios estructurales, no sólo en el modo de producir y el modo de vivir sino también en la geografía económica mundial. Ellas requieren de nuevos marcos socioinstitucionales, los cuales se producen mediante transformaciones en el terreno de lo social, lo organizativo y regulatorio; a todos los niveles, desde la empresa pasando por el Estado, hasta las relaciones internacionales.

Los cambios producidos por un paradigma tecnoeconómico que impulsa la difusión de una revolución tecnológica son complejos y trascienden los simples cambios técnicos. El universo de cambios

4 Tapías G., Heberto, "Dinámica Tecnológica", Revista Facultad de Ingeniería- Universidad de Antioquia, No 11, Junio 1996.

5 Hein, W., "El fin del Estado-Nación y el nuevo orden mundial", Nueva Sociedad, No 132, 1994.

LAS RELACIONES INTERNACIONALES SE DESARROLLAN HOY EN UN ESCENARIO NUEVO EN PERMANENTE TRANSFORMACIÓN, CARACTERIZADO POR UN PROCESO AMPLIO Y PROFUNDO DE TRANSFORMACIONES EN LAS RELACIONES ENTRE SOCIEDADES Y NACIONES EN LAS ESFERAS ECONÓMICA, POLÍTICA Y CULTURAL

comprende nuevo concepto de eficiencia y organización de la producción, nuevo modelo de gerencia y organización empresarial, perfiles diferentes de la fuerza de trabajo, maneras diferentes de hacer el trabajo, nuevos patrones de inversión, redefinición de las escalas óptimas de producción, nuevas industrias y actividades económicas, nuevo patrón de localización geográfica de la inversión, en fin, unas nuevas relaciones y prácticas sociales.

Son visibles los síntomas de agotamiento del último paradigma tecnoeconómico y la transición hacia uno nuevo producido por la revolución tecnológica motivada por los desarrollos tecnológicos en

la microelectrónica, la informática y las telecomunicaciones. Las tecnologías que se han usado con el último paradigma han alcanzado su madurez y agotado sus posibilidades de innovaciones incrementales de acuerdo con los límites de sus propias trayectorias.

Se reconoce hoy la capacidad que tienen las tecnologías de la microelectrónica, la informática y las telecomunicaciones para superar las limitaciones enfrentadas por el paradigma anterior y la oportunidad inédita de desarrollo de nuevas trayectorias tecnológicas que generen nuevos productos, nuevos servicios, nuevas industrias y el aumento de la productividad, aún en las viejas actividades productivas y en las tecnologías maduras.

La microelectrónica barata conjuntamente con el bajo costo del manejo, procesamiento y transmisión de información, están en la base de la nueva lógica para la organización ideal de la producción en un sistema que fusiona la administración, la producción y la comercialización en un sólo sistema integrado, para producir de manera flexible un conjunto variado de bienes y servicios información-intensivos. Y en todas las esferas de las actividades sociales parecen surgir tendencias hacia el establecimiento de redes y sistemas, mientras la diversidad y la flexibilidad tienden a sustituir la uniformidad y la repetitividad como prácticas óptimas en la producción⁶.

⁶ Pérez, Carlota "Las nuevas tecnologías: una visión de conjunto", en "El Sistema Internacional y América Latina, La terceran revolución industrial, Impactos internacionales del actual viraje tecnológico", Grupo Editor Latinoamericano, 1986.



Caridad Industrialización y desarrollo en América Latina. Archivo Colciencias

REVOLUCIÓN DEL CONOCIMIENTO Y ECONOMÍA DEL CONOCIMIENTO

Concomitante con la globalización económica y la transición de paradigma tecnoeconómico se viene desarrollando en estrecha y compleja relación la revolución del conocimiento, de efectos imprevisibles, catalizada por las tecnologías informáticas y las telecomunicaciones y nutrida con el apoyo y el valor que los países y las organizaciones vienen otorgando a los desarrollos científicos y tecnológicos. Revolución que recorre todos los espacios de saberes, desde lo más íntimo del átomo hasta la tecnología espacial; pasando por la biología molecular, la ingeniería genética, el diseño molecular, los materiales inteligentes, los superconductores, la mecatrónica, la optoelectrónica, la biónica, y la inteligencia artificial, para sólo mencionar algunos⁷. Lo que subyace en la explosión de conocimientos que se está produciendo, es la tesis de que *el conocimiento es el único recurso significativo*⁸, y que los factores clásicos de producción —recursos naturales, trabajo y capital— han pasado a ser secundarios. La nueva riqueza ya no es material; es la información convertida en conocimiento aplicado al trabajo la que crea valor⁹.

La búsqueda deliberada, sistemática y organizada, y la aplicación intencionada de conocimientos para obtener resultados sociales y económicos le ha dado al conocimiento otro significado y otra función más allá del conocimiento por sí mismo, y lo está convirtiendo en la fuente de la riqueza de sociedades y naciones. El poder del conocimiento como instru-

mento o medio para obtener resultados sociales y económicos, y particularmente la *innovación deliberada* —la aplicación del conocimiento para producir nuevo conocimiento—, tanto técnica como social, están generando una *sociedad de conocimiento* con transformaciones muy significativas en la actual, en su estructura, en su dinámica social y económica, en sus clases y en sus problemas.¹⁰

Lo más visible y avanzado de la nueva sociedad del conocimiento es su economía basada en el conocimiento como fuente de producción de riqueza. Lo que significa que la productividad del conocimiento está siendo cada vez más decisiva que la productividad del capital y el trabajo en el rendimiento económico en general. Peter Drucker, en su libro "La Sociedad Post-capitalista", señala que la inversión en formación de conocimientos ya es la inversión más grande en los países desarrollados y que están invirtiendo más o menos una quinta parte de su PIB en su producción y diseminación.

La esencia de la *economía del conocimiento* es el enorme flujo de inversión en capital humano y en informática, componentes esenciales del capital intelectual de una organización. Es el *capital intelectual* la fuente de creación de valor en las organizaciones modernas, su plataforma de valor; lo que las hace sostenibles en un mundo de negocio complejo y en permanente cambio. Esta es la pieza clave para la competitividad. Esa fortaleza competitiva de una organización en la economía del conocimiento la integran: los conocimientos, destrezas, y experiencias de todos sus recursos humanos; las aplicaciones informáticas, las ba-

ses de datos, las bases de conocimientos, los sistemas de comunicación; la propiedad intelectual representada en patentes, marcas, derechos de autor, etc; la tecnología organizacional incorporada en sus sistemas administrativos y operativos; su cultura organizativa; su imagen corporativa. Es la posesión de esas capacidades lo que permite a la organización captar información del entorno, su flujo hacia y dentro de ella, así como hacia los canales de abastecimiento y distribución, y procesarla para convertirla en conocimiento como una verdadera entidad inteligente¹¹.

CAMBIO DE LAS ORGANIZACIONES

Dado que la economía opera con organizaciones, una economía basada en el conocimiento requiere organizaciones cuya función esencial sea la producción y distribución de conocimientos, más que la producción y distribución de bienes y servicios. Este cambio de función exige que la organización debe reestructurarse como un equipo de asociados para el logro de sus objetivos y no como una organización de jefes y subalternos. Pero el cambio no se limita única-

7 Burrus Daniel, Gittines Roger, "Technotrends: How to use technology to go beyond your competition", Harper Collins Publishers, Inc., New York, 1993.

8 Drucker, Peter F., "La Sociedad Post-capitalista", Editorial Norma, Bogotá, 1994.

9 Edvinsson, Leif y Malone, Michael S., "El capital intelectual", Editorial Norma, Bogotá, 1998.

10 Drucker, Peter F., "La Sociedad Post-capitalista", Editorial Norma, Bogotá, 1994.

11 Edvinsson, Leif y Malone, Michael S., "El capital intelectual", Editorial Norma, Bogotá, 1998.

mente a su estructura. Por ser su función esencial la producción de conocimientos y la utilización de esos conocimientos —materializados en sus productos, en sus procesos, y en todas sus actividades— ella tiene que organizarse para el cambio permanente. Tiene que organizarse para la innovación. Tiene que hacer de la innovación su competencia central. Tiene que incorporar en su estructura misma la *gestión del cambio*, es decir incorporar el abandono organizado de todo lo que hace. “Tiene que organizarse para el abandono sistemático de lo establecido, lo familiar, lo cómodo, ya sea en materia de productos, servicios y conceptos, en relaciones sociales, en habilidades y en su naturaleza misma”,¹² pues el conocimiento es por su misma naturaleza cambiante.

Así mismo, la organización moderna debe tomar decisiones rápidas para responder oportunamente a los cambios que se producen en el entorno: cambios económicos; cambios demográficos, cambios tecnológicos, cambios en el mercado y muy especialmente cambios en los gustos, necesidades y expectativas de los clientes. Para esto la organización debe convertirse en una *organización inteligente*, en una organización de aprendizaje continuo. Y esto sólo lo logra, cambiando su cultura, invirtiendo en capital intelectual y apoyada en un sistema nervioso digital para obtener, manejar y procesar la información para convertirla en conocimiento y en acción inmediata.

El *sistema nervioso digital*, el equivalente digital del sistema nervioso biológico, es capaz de aportar un flujo de información bien integrado al lugar oportuno de la or-

ganización y en el momento oportuno. Está constituido por procesos digitales mediante los cuales la organización capta información del entorno, detecta los movimientos de competidores y las necesidades de los clientes, y le permite organizar y coordinar acciones para sus reacciones inmediatas. El sistema nervioso no sólo le permite transformar las operaciones internas de la organización sino también sus relaciones comerciales con clientes y proveedores y más aún hacer *gestión del conocimiento*. El sistema nervioso digital como un mecanismo que conecta, comparte y estructura información, y encadena estrechamente el pensamiento de las personas y las acciones de la empresa, permite la sinergia de las inteligencias individuales en la organización para crear una inteligencia institucional.¹³

GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN ORGANIZACIONES

La gestión corporativa del conocimiento es un concepto que surge atado con la globalización, la sociedad del conocimiento, y muy estrechamente vinculado con el sistema nervioso digital para la gestión moderna de las organizaciones. En su versión más simplificada este sistema puede verse como el sistema que permite: captar y organizar la información, distribuirla entre las personas que la necesitan, y perfeccionarla constantemente por medio del análisis y de la colaboración”¹⁴.

¹² Drucker, Peter F., “La Sociedad Post-capitalista”, Editorial Norma, Bogotá, 1994.

¹³ Gates, Bill, “Los negocios en la era digital”, Plaza Janes Editores S.A., Barcelona, Junio 1999.



La gestión del conocimiento no es meramente cuestión de software, ni de técnica. Es algo que empieza con los objetivos y los procesos de la empresa, y con el reconocimiento de la necesidad de compartir información. Bill Gates le asigna como fin último la creación de una *inteligencia institucional* o del *coeficiente intelectual corporativo*, y sintetiza su función como la gestión de los flujos de información correcta a las personas que la necesitan de manera que sea posible hacer algo con prontitud.

La *gestión del conocimiento* en una organización busca que con el tiempo, al invertir en más capital intelectual, se eleve la inteligencia corporativa, es decir, la organización alcance una mayor capacidad para concitar el mejor pensamiento y la mejor acción en el plano colectivo. Las áreas más fructíferas para la gestión del conocimiento son la programación, organización y ejecución del trabajo, especialmente para la colaboración en el desarrollo de los proyectos, el servicio al cliente, y la formación o capacitación interna de las personas.

No es concebible una gestión del conocimiento sin un sistema

nervioso digital. Cualquiera que sea la solución informática del sistema de gestión, pone en juego diferentes combinaciones de tecnologías de bases de datos, documentos de información de productos o mercado, e-mail y aplicaciones de flujos de trabajo, y aplicaciones de búsqueda de información; ya que lo que sustancialmente se gestiona son datos, documentos y el trabajo de las personas¹⁵.

Como prácticamente todas las tareas sociales las realiza o se realizan en una organización, las organizaciones alteran constantemente la sociedad y demandan también de sus individuos nuevos comportamientos, nuevos conocimientos, habilidades y destrezas.

DESARROLLO SOSTENIBLE

Otro reto de dimensión orbital que enfrenta la sociedad moderna es la *economía ecosocial* para un desarrollo sostenible. Nos estamos acercando peligrosamente a los límites del equilibrio de nuestro ecosistema. Son visibles los graves problemas ambientales causados por "un modelo económi-

co "lineal" caracterizado por unos productos de vida corta, que consumen una gran cantidad de materias primas y energía, que no se pueden reutilizar con facilidad y, por lo tanto, se convierten rápidamente en basura"¹⁶. La descongelación de los polos, el hueco en la atmósfera, el aumento de la radiación ultravioleta, el efecto invernadero, las inundaciones y todos los desórdenes climatológicos, la reducción dramática de fuentes de agua potable, la extinción de muchas especies animales y vegetales, la desertización de la tierra y las hambrunas en el África, son formas como la naturaleza nos está facturando hoy, y con intereses elevados, la gran deuda por su explotación irracional. Lo cierto es que si no saldamos oportunamente esta deuda, se la estaremos endosando a nuestras generaciones futuras con un capital ambiental agotado y comprometiendo aún la misma supervivencia de la humanidad.

Si queremos actuar en forma responsable es necesario una concepción y práctica económica en

14 *Ibidem*

15 *Ibidem*

16 Hopfenbeck, Waldemar, "Dirección y marketing ecológicos", Ediciones Deusto S.A., Madrid, 1995.



la que minimicemos el agotamiento de los recursos y la acumulación de residuos sobre el ecosistema. Necesitamos una actitud ecológica en la gestión de las actividades económicas. Necesitamos incorporar la dimensión ambiental en la gestión de los sistemas de producción de bienes y servicios; *ecogestión* que exige la gestión de tecnologías ecológicas para la producción limpia y la fabricación de productos ecológicos. Es decir, necesitamos crear un modelo económico en armonía con el medio ambiente e introducir cambios radicales en la cultura consumista de "usar y tirar".¹⁷

En la agenda de futuras acciones ecológicas debemos incorporar la prevención, reducción, y eliminación de problemas ambienta-

LA GESTIÓN DEL
CONOCIMIENTO EN UNA
ORGANIZACIÓN BUSCA
QUE CON EL TIEMPO, AL
INVERTIR EN MÁS
CAPITAL INTELECTUAL,
SE ELEVE LA
INTELIGENCIA
CORPORATIVA, ES DECIR,
LA ORGANIZACIÓN
ALCANCE UNA MAYOR
CAPACIDAD PARA
CONCITAR EL MEJOR
PENSAMIENTO Y LA
MEJOR ACCIÓN EN EL
PLANO COLECTIVO

les; debemos: proteger y conservar los recursos limitados, minimizar las emisiones y residuos nocivos, anular o al menos limitar los peligros potenciales y de accidentes. "En lugar de la pródiga economía de la abundancia, caracterizada por el despilfarro de energía y materias primas, en la que se dan por supuestas la existencia de unos recursos ilimitados y unas necesidades de consumo sin fin, la fabricación de productos desechables y la utilización irresponsable del mar, el aire y la tierra como cubos de basura"¹⁸, se recomienda una economía circular. *Economía "circular"*, cuyas características esenciales se sintetizan en: recursos reutilizables, bajo consumo de energía, conciencia de los límites del crecimiento, fabricación de productos de larga duración y no contaminantes, reciclaje intensivo, y una gestión empresarial ecológica.

Pero mientras alcanzamos un modelo de *economía "circular"*, en el que prácticamente se eliminan las cargas sobre el medioambiente, las organizaciones deben incorporar desde ya la dimensión ambiental en su gestión. Ellas deben incorporar una estrategia ambiental en sus planes de desarrollo que contemple la ejecución y control de acciones para la solución de los problemas ambientales y una conversión gradual en empresas ecológicas.

CRISIS COLOMBIANA

En medio de este contexto internacional, la sociedad colombiana se enfrenta a una profunda crisis que no sólo atenta contra su supervivencia y su integridad, sino que además propicia su progresi-

vo marginamiento y exclusión de la comunidad internacional.

Desde la óptica de Garay¹⁹, la sociedad colombiana padece una profunda supeditación de lo público en favor de intereses de grupos o intereses privados que han adquirido poder político, económico, cultural y social, y que ante el privilegio de lo individual sobre "el bien común", reproduce una deslegitimidad y desinstitucionalidad del Estado como ente representativo del interés público, y crea en forma visible una precaria convivencia ciudadana, con la creciente utilización del uso de la fuerza o la coacción o el poder de influencia o predominio de unos grupos sobre otros para el logro de sus mezquinos intereses.

Se suman, a la trilogía de problemas anteriores señalados por Garay, el conflicto armado; el narcotráfico y la ilegalidad creciente reproducida en la conducción de actividades políticas, económicas y culturales; la exclusión y la inequidad social; la existencia de una cultura rentística y no una verdadera cultura de la ganancia capitalista a través del ahorro, la inversión, y la innovación; y una desactivación productiva muy visible en el proceso de desindustrialización que vive el país, generada por la globalización económica caracterizada por la apertura a la competencia externa y la liberación de los mercados²⁰

17 *Ibidem*

18 *Ibidem*

19 Garay, S., Luis Jorge, "La transición hacia la construcción de sociedad. Reflexiones en torno a la crisis colombiana", Seminario: "Hacia un nuevo Pacto Social", Bogotá, Febrero 22-23, 1999.

20 *Ibidem*

El escenario que he descrito para Colombia nos enfrenta por un lado al reto de construir una sociedad democrática y moderna en lo económico, político y social, y por el otro, a la creación y desarrollo de condiciones favorables que nos permitan insertarnos creativamente, y con justicia social, a un nuevo ordenamiento internacional.

LA RECONVERSIÓN COMPETITIVA DEL APARATO PRODUCTIVO

El problema de la desactivación productiva no es exclusivo de Colombia. Lo viven también la mayoría de los países de América Latina como resultado de un modelo de industrialización de sustitución de importaciones. “Ese modelo produjo un legado ideológico, de conductas, conceptos y prácticas que exhibían empresas, trabajadores, gobierno, consumidores, políticos, etc, y que se han convertido en el más poderoso obstáculo para la asimilación de las tecnologías y prácticas de gerencia modernas que determinan la competitividad en el nuevo entorno internacional”.²¹

La reconversión competitiva del aparato productivo exige de: la modernización de las empresas; la formación de redes de cooperación; el desarrollo de la infraestructura física, técnica y educativa; y decisiones sobre especialización estratégica.²²

Para la modernización cada empresa no sólo debe introducir los cambios para ajustarse al nuevo paradigma tecnoeconómico, a la globalización, a la economía del conocimiento, y a un modelo de economía circular para un desarro-

llo sostenible, sino que además debe enfrentar el cambio del entorno local, es decir, dejar la protección y los subsidios y abandonar la dependencia del Estado. Las empresas deben asumir las prácticas productivas, organizativas, de relaciones e intercambio económico óptimos, de acuerdo con las nuevas realidades. Tienen que aprender a competir en mercados abiertos; aprender a conducirse de manera emprendedora e innovadora. Ellas tienen que aprender a endogenizar las fuentes de rentabilidad y tomar autónomamente sus decisiones, en lugar del Estado. Deben abandonar la pasividad tecnológica e incorporar la gestión de la tecnología como una estrategia clave para la competitividad.

MODERNIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS DE APOYO

Pero, para que el potencial competitivo que desarrollen las empresas y las redes que se establezcan sean efectivamente explotados, debe también modernizarse

la infraestructura física, técnica y educativa para mejorar el espacio nacional, y en consecuencia se pueda construir una verdadera *competitividad estructural o sistémica*. Las empresas en el mercado internacional no se enfrentan aisladas, los que compiten son redes, regiones y países enteros; resultado de la contribución de muchos niveles de interrelación y cooperación y de facilidades para la comercialización y comunicación con el mundo. Es por ello que, paralelamente a la modernización de las empresas, el país debe transformar y desarrollar su infraestructura científica y tecnológica y su infraestructura en vías, en puertos, en sistemas de transporte, y en las telecomunicaciones y redes informáticas.

La otra tarea que enfrenta la empresa, sugiere también Carlota Pérez, es aprender a interactuar en



21 Pérez, Carlota, "La modernización industrial en América Latina y la herencia de la sustitución de importaciones", Comercio Exterior, México, mayo de 1996.

22 Ibidem

forma diferente con el entorno. La empresa moderna funciona como un sistema abierto, en permanente interacción con proveedores, clientes y competidores. Las nuevas condiciones de competencia suponen una “combinación inédita de rivalidad con colaboración”. Especialmente nuestras pequeñas y medianas empresas, que en nuestro país son el 13% del total de las organizaciones empresariales con un 85% de microempresas²³, deben establecer lazos especiales con clientes competentes o formar redes de asociación con sus competidores para lograr economías de escala en investigación y desarrollo, en servicios técnicos, en capacitación, en acceso a financiamiento y sistemas de comercialización internacional.

cos, y personal altamente calificado en las competencias requeridas en el blanco estratégico. Blanco estratégico que no debe desconocer la dotación de recursos naturales y especialmente la biodiversidad; y que tenga en cuenta que no debemos seguir exportando estos recursos “crudos”, sino valorados con conocimientos, a través de cadenas productivas integradas y modernizadas.

Las necesidades de la sociedad colombiana no se limitan a la modernización de su economía para el mejoramiento de la competitividad sistémica. Para construir una sociedad más equitativa y justa se necesita también: incorporar de manera productiva y masiva a gran parte de la población; modificar los patrones de distribución de la

EL NUEVO INGENIERO

Las demandas específicas para la reconversión competitiva del aparato productivo y la profunda transformación de nuestra sociedad para construir colectivamente y creativamente un país viable y con dignidad en una sociedad de conocimiento, no se pueden lograr sin una transformación en la educación alineada con estos propósitos. Y es justamente este requerimiento lo que plantea la necesidad de un *tercer paradigma* en la formación de los ingenieros colombianos; los arquitectos del nuevo país. Paradigma que tiene que romper radicalmente con algunos conceptos sobre lo que es la misma ingeniería, y por lo tanto sobre los procesos formativos de los ingenieros, los propósitos de forma-



Fotografías tomadas de Revista Facetas, No. 1, 1993

Así mismo, el país debe escoger blancos estratégicos y apropiados en el mercado mundial en los que pueda concentrar el aprovechamiento y el fortalecimiento de sus ventajas competitivas; y desarrollar un ambiente de apoyo complementario a los esfuerzos del sector productivo, constituido por financiamiento flexible y de actividades científicas y tecnológicas, apoyo técnico, acceso a información, servicios científicos y técni-

propiedad y el ingreso; reducir de manera drástica los niveles de pobreza y marginalidad; mejorar la educación de amplios sectores de la población; mejorar la explotación de nuestros recursos naturales —especialmente la tierra— con mejores tecnologías y patrones adecuados de especialización; satisfacer las necesidades básicas —salud y educación— para incorporar a la vida moderna a amplios sectores de la población²⁴.

ción, sus competencias y sus desempeños.

El primer cambio que debe introducirse es la concepción sobre el objeto de estudio de la ingeniería

23 Colciencias, “Sistema nacional de innovación: nuevos escenarios de la competitividad”, Colciencias, 1ª edición, Santafé de Bogotá, 1998.

24 Garay, S., Luis Jorge, “La transición hacia la construcción sociedad: Reflexiones en torno a la crisis colombiana”; Seminario: “Hacia un nuevo Pacto Social”, Bogotá, Febrero 22-23, 1999.

y en consecuencia sobre la ingeniería. La ingeniería es y será más que arte; más que arte de aplicación de las matemáticas, las ciencias básicas y otros conocimientos ad-hoc como la definen algunos autores. Para los propósitos de este artículo asumo la ingeniería como un “campo del saber” que incluye conocimientos de las disciplinas científicas, así como del campo de la práctica; lo que Mario Díaz llama región del conocimiento²⁵. Región del conocimiento con un discurso organizado y sistematizado, con su propio método, procedimientos y prácticas de trabajo, y con una región y ámbito de problemas que justifican su existencia. Un campo del saber profesional, integrado por conocimientos científicos y empíricos. Conocimientos que son tributados por muchas disciplinas.

con su entorno físico y social²⁶; y conocimientos sobre el modo de actuación o intervención del ingeniero sobre ellos.

La intervención del ingeniero sobre sus objetos de trabajo va más allá de lo que tradicionalmente se ha concebido como el ejercicio profesional de la ingeniería. La práctica actual de la ingeniería rebasa el diseño, la construcción, la operación, el control, y el mantenimiento. Más realista es entender que el ingeniero hace gestión tecnológica de los sistemas que interviene. Con esta interpretación, que es la interpretación propuesta por el Comité de Currículo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia,²⁷ se amplía el espectro de la acción de los ingenieros sobre sus objetos de trabajo; ya que la gestión tecnológica además de

de un país moderno más justo y equitativo; pero también los problemas y necesidades sociales que puede y debe atender hoy la ingeniería nacional, para traducirlos en unos propósitos de formación del ingeniero futuro, como profesional pero también como ideal de hombre y ciudadano.

No pretendo hacer una lista exhaustiva de todas las características o atributos del futuro ingeniero colombiano, expresados como valores, actitudes y competencias, sino que me limitaré y concentraré en aquellos que estimo nucleares y estratégicos para que el ingeniero contribuya efectivamente en la construcción de un nuevo país.

Más que apoyado en valores aislados, el comportamiento y la conducta del ingeniero en todos los espacios y momentos sociales debe estar soportado por un sistema de valores integrados y alineados con el ideal de hombre, ciudadano y país que queremos para nuestras futuras generaciones en el marco de una sociedad global en un nuevo orden mundial. Este sistema de valores debe ser tejido con valores como: el desarrollo sostenible con una economía “circular”; la justicia, la equidad, la solidaridad, el bienestar, y la convivencia social armoniosa; la vida; la liber-

No sólo de las disciplinas científicas de las ciencias naturales y las formales, sino también conocimientos de las ciencias sociales y humanas. Estos conocimientos hacen referencia a: conocimientos relacionados con los objetos de trabajo de la ingeniería —sistemas naturales, aparatos, instrumentos, etc, sistemas de producción de bienes y servicios—, sobre los cuales interviene el ingeniero, que le permiten conocerlos en su esencia material, en sus relaciones

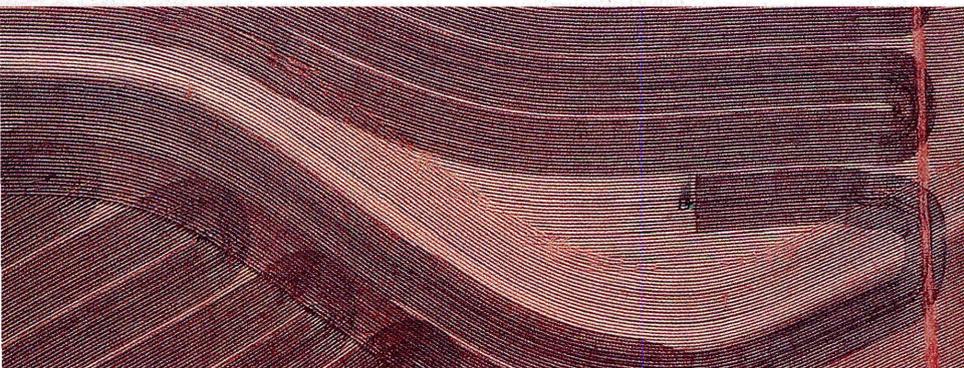
incluir las funciones tradicionales de diseño, construcción operación, mantenimiento y control, involucra la investigación y desarrollo, la planeación, la gestión de proyectos, y la misma comercialización de tecnologías, entre otras.

El gran reto que tiene hoy la Universidad es interpretar fielmente lo que he llamado los procesos sociales orbitales más significativos en juego y los problemas que obstaculizan la construcción

25 Díaz Mario, “La organización del conocimiento en campos: su relación con las disciplinas y regiones”, Documento, marzo 1997.

26 Tapías García, Heberto, “A propósito de la composición y estructura del currículo”, Documento Comité de Currículo Facultad de Ingeniería- Universidad de Antioquia, Diciembre, 1998.

27 Comité de Currículo Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, “Guía para el trabajo curricular de los estamentos de las unidades académicas de la Facultad de Ingeniería”. Agosto, 1999.



tad; el respeto a la diferencia; la democracia directa; el bien común; la honestidad; y el conocimiento, entre otros, de cuya sinergia emerge ese ideal de hombre y ciudadano.

Un hecho ineluctable que determina el espectro de competencias del futuro ingeniero, es que el ingeniero será un *trabajador de conocimiento* en una sociedad de conocimiento. Esta condición supone que sus competencias básicas deben ser competencias intelectuales para trabajar con información y para producir conocimiento, más que poseer conocimientos y habilidades específicas en una tecnología; pues el conocimiento está cambiando hoy, y con mayor aceleración en el futuro, a una rata que ellos se vuelven obsoletos muy tempranamente. Competencias intelectuales que apalanquen su creatividad y le permitan ser un innovador, un emprendedor. Competencias intelectuales para el trabajo intelectual. Competencias que se las proveen las habilidades de pensamiento, la lógica del pensamiento. Operaciones intelectuales tales como el análisis, la síntesis, la inducción, la deducción, la abstracción, la analogía y en un grado superior el pensamiento sistémico, complejo y divergente, son esenciales para el aprendizaje continuo, la identificación, análisis y solución de problemas complejos, y para el desarrollo de innovaciones.

Son claves en las competencias nucleares del ingeniero, porque son instrumentales en la comprensión y producción y difusión del conocimiento, la competencia lectora, las competencias matemáticas y las habilidades comunicativas, orales y escritas.

La matemática le provee un lenguaje para la descripción y modelación de los objetos de trabajo de la ingeniería, pero también le potencia las habilidades de pensamiento y le proporciona herramientas para experimentar e interactuar virtualmente con los objetos de trabajo.

La competencia lectora es necesaria para poder acceder a los conocimientos ya producidos en ingeniería. Pero esta competencia no sólo debe ser en español, sino también en inglés, que es hoy el lenguaje vehicular de la ciencia y la tecnología. Y es la competencia comunicativa, una de las competencias que lo habilita para el trabajo eficiente en equipo y la difusión de sus conocimientos producidos.

Como gestor tecnológico en las organizaciones, y como gestor independiente, el ingeniero debe poseer capacidades tecnológicas — conocimientos, habilidades y destrezas— para: identificar necesidades y oportunidades tecnológicas; evaluar y seleccionar las tecnologías apropiadas; negociar y contratar tecnologías; diseñar los bienes y servicios y sus sistemas de producción; equipar, construir y poner en marcha esos sistemas de producción; operar, mantener, y controlar los sistemas de producción de bienes y servicios; adaptar y mejorar las tecnologías que usa; investigar y desarrollar bienes y servicios y sus sistemas de producción; gestionar proyectos de investigación y desarrollo y los que tradicionalmente se han llamado proyectos de ingeniería, desde la formulación hasta su ejecución; y comercializar tecnologías. Todas estas competencias deben estar apoyadas en los últimos conoci-

mientos de las ciencias y de las prácticas, en sintonía con lo que he llamado procesos orbitales significativos, y al servicio de un nuevo proyecto de país construido colectivamente.

Se suman a las competencias genéricas que he señalado, capacidades como: capacidad de cambio y adaptación a ambientes de trabajo muy dinámicos; capacidad de liderazgo y trabajo en equipos multidisciplinarios; capacidad de autogestión del conocimiento para aprender autónomamente y en forma continua; capacidades para la gestión empresarial; capacidades para el manejo de técnicas y herramientas modernas para el trabajo en ingeniería, especialmente aplicaciones informáticas de uso general, pero también específicas para cálculos y simulación en ingeniería, y comunicación en redes informáticas; capacidad para enfrentar la incertidumbre y entender los factores no técnicos que afectan profundamente las decisiones en ingeniería, así como para entender y evaluar anticipadamente los impactos de estas decisiones en un contexto social global y en el espacio particular de su comunidad.

Nuestro futuro ingeniero no sólo debe conocer los procesos sociales globales que están transformando el mundo, y sus problemas contemporáneos, sino especialmente los de su comunidad.

Es indiscutible que un ingeniero con las características que he señalado tiene que ser formado con un modelo pedagógico distinto al que utilizamos hoy, con unas estrategias didácticas que efectivamente le permitan su formación como ser social, que le potencien sus facultades intelectuales y lo capaciten efectivamente para el trabajo.

El nuevo paradigma para su formación debe estar caracterizado por un aprendizaje activo basado en proyectos o en la solución de problemas reales; e idealmente con proyectos educativos cooperativos con el sector productivo. Aprendizaje de los contenidos actuales de las ciencias, como las matemáticas y las ciencias básicas, en el contexto de su aplicación a la solución de los problemas de ingeniería. Aprendizaje centrado en el estudiante, con docentes guías y facilitadores del aprendizaje, más que dispensadores de información. Aprendizaje centrado en los conocimientos nucleares o genéricos y más permanentes, apoyado en el método científico para la creación de conocimiento y en el método de trabajo en ingeniería para su aplicación. Aprendizaje colaborativo basado en equipos de aprendizaje, soportado instructionalmente en las tecnologías que ofrece la informática, la multimedia, internet, etc, para incorporar materiales de aprendizaje que contengan información concreta, hechos, datos, sonidos, imágenes, fenómenos y procesos observables en toda su riqueza.

Ese nuevo paradigma en la formación de los ingenieros también requiere transformar la gestión curricular. Es necesario reducir la clase magistral a sus justas proporciones, y posiblemente cambiar: los horarios genéricos y rígidos, los calendarios uniformes, los exámenes estandarizados, la evaluación discontinua y limitada, por unos sustitutos que hagan el aprendizaje más dinámico, individualizado, abierto, flexible y más placentero.

Ese nuevo espacio de aprendizaje debe ser creado con el propó-

sito de lograr efectivamente el ingeniero que queremos: *“un ciudadano más solidario y sensible socialmente, más participativo y tolerante en lo político, respetuoso de los derechos humanos, más integrador en lo cultural y más consciente del valor y la necesidad de un desarrollo sostenible ambiental y socialmente, competente tecnológicamente*

y creativo; para enfrentar efectivamente por un lado el reto de construir una sociedad democrática y moderna en lo económico, político y social, y por el otro, a la creación y desarrollo de condiciones favorables que nos permitan insertarnos creativamente, y con justicia social, a un nuevo ordenamiento internacional”.&

