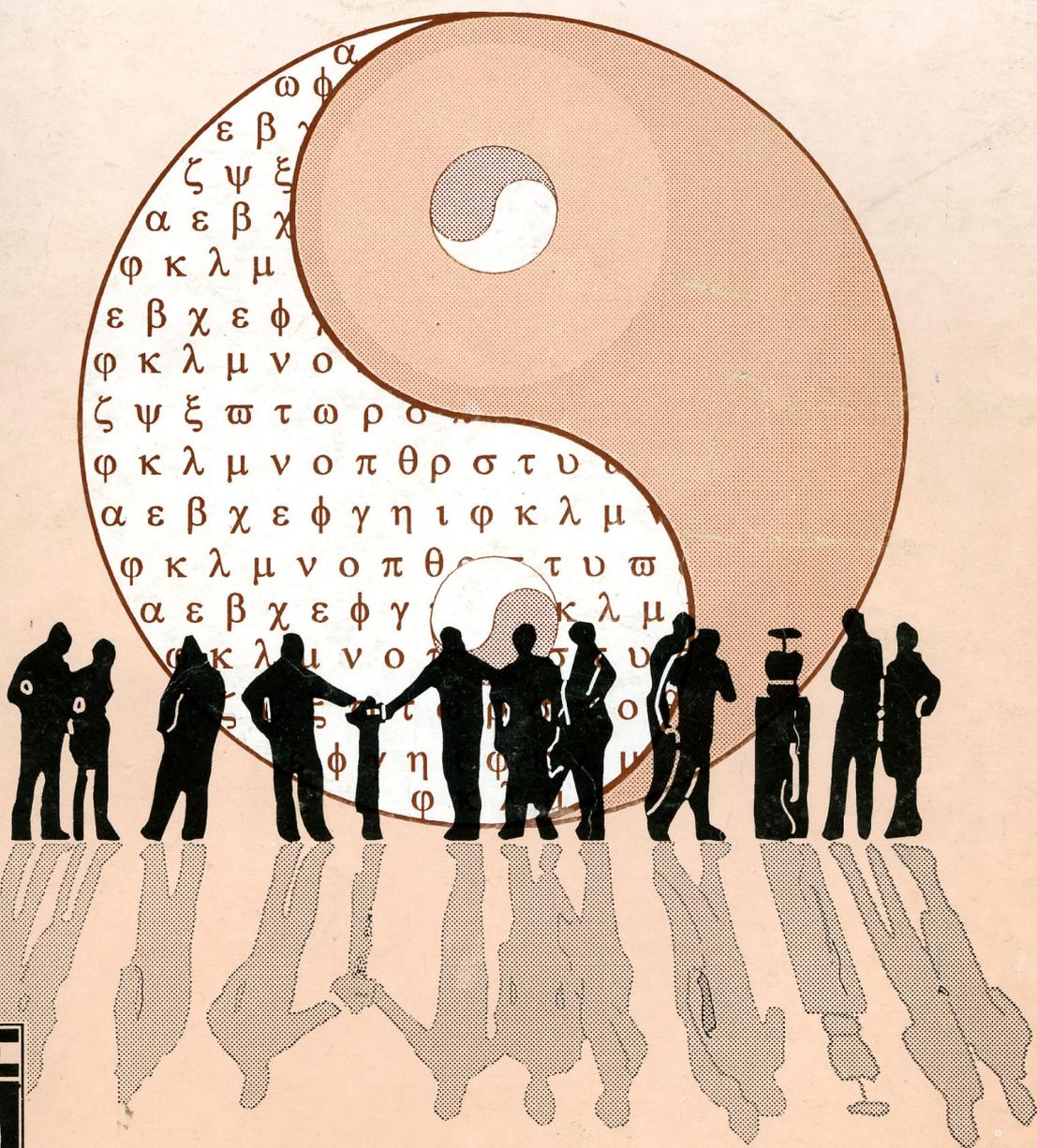


620
IN

Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
JULIO/DICIEMBRE 1992 VOLUMEN 2 Nº 2



INGENIERIA

Revista Semestral de la Universidad de Costa Rica

Volumen 2 Julio-Diciembre 1992 Número 2

DIRECTOR

Rodolfo Herrera J.

EDITOR

Victor Herrera C.

CONSEJO EDITORIAL

Víctor Hugo Chacón P.

Ismael Mazón G.

Domingo Riggioni C.

CORRESPONDENCIA Y SUSCRIPCIONES

Editorial de la Universidad de Costa Rica

Apartado Postal 75

2060 Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

CANJES

Universidad de Costa Rica

Sistemas de Bibliotecas, Documentación e información

Unidad de Selección y Adquisiciones-CANJE

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

Suscripción anual:

Costa Rica: ₡750,00

Otros países: US \$20.00

Número suelto:

Costa Rica: ₡500,00

Otros países: US \$10.00



EL INGENIERO DEL FUTURO: CIENCIA, TECNOLOGIA Y CAMBIO SOCIAL

*Manuel Arce Arenales**

RESUMEN:

En este ensayo se examinan brevemente algunas condiciones de entorno para el ingeniero del futuro, particularmente en países en vías de desarrollo como Costa Rica, atendiendo tanto a posibles retos técnicos como sociales, y dando algunas pautas para reflexión, análisis, y orientación al respecto.

SUMMARY:

In this essay, some determinant conditions for future engineers are briefly examined, particularly for those who will work in LDC's such as Costa Rica, paying attention both to technical and to social challenges, and giving some guidelines for reflection, analysis, and orientation pertaining thereto.

El mundo entero experimenta hoy día una serie de transformaciones, tan rápidas y tan profundas, que como pocas veces antes en la historia de la humanidad nos enfrentamos claramente con lo imprevisible. Si añadimos a esto la complejidad de las sociedades modernas, producto no sólo de las explosiones sociales y tecnológicas de los últimos quinientos años, sino también de un impresionante aumento cuantitativo, es fácil imaginar lo difíciles y desconcertantes que serán las decisiones que habrán de tomar nuestras sociedades, en especial, sociedades en vías de desarrollo como la nuestra. La estabilidad, por ilusoria que fuera, de los últimos cincuenta años, se ha hecho añicos. La guerra fría ha desaparecido, y con ella tal vez han desaparecido las angustias que provocaba la posibilidad de un holocausto nuclear, pero también el sentimiento de seguridad que proporcionaba un mundo conocido, con "reglas de juego" más o menos claras y bien definidas. El mundo de las ideologías, con sus modelos de desarrollo que daban explicaciones simplistas pero reconfortantes del devenir histórico, y que además proveían "recetas" para un progreso obtenible y positivo, ha desaparecido. En su lugar nos enfrentamos con problemas quizá de mayor envergadura, y ciertamente más insidiosos

y complejos, tales como el del deterioro ambiental, o el de la erosión de estructuras sociales y valores que solían infundir confianza y esperanza en sectores mayoritarios de muchos países del mundo. La promesa del desarrollo no se acepta ya con igual optimismo, y probablemente para bien, el concepto mismo de "desarrollo" exige un reanálisis.

Al tiempo que ocurren estas transformaciones, el avance tecnológico continúa a un ritmo vertiginoso: sirvan de ejemplo la biotecnología, la informática, y las telecomunicaciones. Cada vez podemos hacer más cosas, pero aparentemente cada vez tenemos menos claro para qué las quisiéramos hacer, o incluso si sería apropiado hacerlas del todo. En mi opinión, el ingeniero del futuro se enfrenta a una situación no muy diferente de la que enfrentan los profesionales de otras áreas: por un lado debe actualizar desde la base toda la infraestructura y orientación técnicas de su disciplina, y por otro debe reexaminar su función social. En ambos casos, debe salir de los confines clásicos, confortables pero ahora insuficientes, en que ha venido desenvolviéndose hasta el momento. El reto que enfrentarán los académicos y profesionales del mundo futuro es

*PONENCIA PRESENTADA ANTE EL 5TO. CONGRESO DE INGENIERÍA CIVIL

MESA REDONDA REALIZADA CON LA PARTICIPACIÓN DE: Ing. Jorge Manuel Dengo, Ing. Rodolfo Herrera, Ing. Carlos Quesada,
Moderador: Ing. Mario Arce

manejar una paradoja: por un lado, adquirir destrezas cada vez más especializadas, y por otro ampliar cada vez más el ámbito de su quehacer, hasta el punto de convertirlo en interdisciplinario. Por ejemplo, el ingeniero civil tiene que manejar conceptos y técnicas sobre estructuras cada vez más sofisticados, pero simultáneamente ya no puede conformarse únicamente con éstos: necesariamente debe ahora familiarizarse con conceptos y técnicas de informática, de urbanismo, de desarrollo ambiental, de sociología y de economía. Como casi cualquier otro profesional, debe aprender ahora a manejar información general, como un recurso más, como se maneja el capital o las fuerzas de trabajo.

Dice Dertouzos [Dertouzos M. (1991)] que "la época agrícola estuvo basada en el arado y en los animales que lo jalaban, la época industrial, en las máquinas y los combustibles que las alimentaban. La época de la información que estamos creando estará basada en los computadores, y en las redes que los interconectarán." Refiriéndose después a la rapidez con que se está creando esta nueva era, este autor dice lo siguiente: "Independientes unas de otras, las herramientas de comunicación y de computación han venido mejorando a razón de un 25% anual durante al menos las dos últimas décadas." He aquí algunos de los más dramáticos logros en fechas recientes, todos ellos utilizados ya comercialmente o muy próximamente utilizables de esta manera:

- supercomputadoras capaces de manipular miles de millones de instrucciones por segundo;
- computadores "sensoriales" capaces de responder ante mandatos orales, y de reconocer partes visualmente en líneas de producción;
- computadores robóticos capaces de convertir estas partes en productos terminados;
- computadores de lápiz óptico que permiten la entrada de datos en forma manuscrita, eliminando así los teclados tradicionales y reduciendo gigantescamente la utilización de papel;
- millones de kilómetros de fibra de vidrio que manejan la mayoría de las comunicaciones de alta envergadura, y que son capaces de enviar datos a velocidades de hasta mil millones de bits por segundo;

- redes de área local que se han convertido en indispensables para vincular edificios y zonas urbanas;
- redes celulares y otros tipos de redes inalámbricas capaces de vincular usuarios en movimiento.

En la actualidad, es posible fusionar estas dos áreas de desarrollo tecnológico (comunicaciones y computadores) en una sola infraestructura que promete ser más rica en posibilidades que cualquiera de ellas individualmente. Sin embargo, las experiencias de la última década demuestran que para lograrlo es necesario mucho más que solamente yuxtaponer redes y computadores: cada vez es más obvio que se hace necesario un planeamiento cuidadoso de convenciones comunes que permitan una fácil comunicación. Si esto se logra, ciertos avances actuales se convertirán en comunes: correo que llega a su destino en segundos en lugar de días, colaboraciones entre participantes que trabajan separados por cientos o miles de kilómetros, órdenes y pagos electrónicos, trabajo productivo sin necesidad de moverse de la casa de habitación, acceso instantáneo a miles de libros o artículos de referencia, etc.

Antes de caer deslumbrados por las posibilidades, sin embargo, se hace necesario plantearse y responder algunas preguntas esenciales:

- ¿Cuáles son los límites reales de estas posibilidades?
- ¿Qué consecuencias sociales, humanas, y culturales podrán tener los desarrollos que se vislumbran para el futuro?
- ¿Cómo afectará el advenimiento de la nueva "era de la información" a las relaciones entre países desarrollados y países en vías de desarrollo, y en particular, qué tipo de impacto específico sufrirán las naciones menos desarrolladas del mundo con este advenimiento?

Como es natural, no puedo ofrecer una respuesta definitiva a estas preguntas, pero al menos puedo plantear algunas rutas de análisis. Comencemos por hacer notar que los sorprendentes avances tecnológicos que se

están dando en la actualidad involucran una considerable base de desarrollo tanto a nivel de "hardware" y de "software" como a nivel de producción y mercadeo. Una base tal la poseen actualmente solo las naciones más desarrolladas del mundo. Por ejemplo, aunque Costa Rica poseyera la infraestructura técnico-científica necesaria para producir "chips", jamás podría competir con las empresas japonesas o norteamericanas: los "chips" costarricenses serían, durante muchos años, bastante más caros y de inferior calidad comparados con los extranjeros. Ante el reto de apropiarse de tecnología existente, los países en vías de desarrollo pueden acortar distancias siguiendo caminos hechos sin repetir errores anteriores, después de un riguroso proceso de selección adecuada que determine las tecnologías por apropiarse y las prioridades de apropiación. Por desgracia, para hacer esto se necesita tener una idea muy clara de las propias necesidades, de los objetivos propios de desarrollo, un amplio conocimiento de la tecnología existente y de los avances actuales y futuros, y la certeza de poder planificar en forma cuidadosa y sostenida.

Se ha dicho entonces que países como el nuestro deberían buscar su área de competitividad en el campo de las ideas innovadoras, e.g. proponiendo ideas revolucionarias para la creación de nuevos tipos de "hardware" o creando "software" basado en conceptos no tradicionales. Esta estrategia podría tener, al menos a primera vista, algunas posibilidades de éxito. Desgraciadamente, para plantear con seriedad un avance en este sentido se hace necesario construir una infraestructura de investigación de gran envergadura, en donde participen con ahínco y por igual gobierno, universidades, y empresas. La base teórica sobre la cual se han montado la mayoría de los avances actuales es compleja, sofisticada, y cara.

Por ejemplo, los computadores "sensoriales" y de lápiz óptico que mencioné al principio, no serían posibles sin los avances de las Ciencias Cognoscitivas, en particular en las áreas de IA y de reconocimiento de patrones. Para imaginar la magnitud del trabajo interdisciplinario que se necesita, considérese que para reconocer y procesar imágenes son necesarios no solamente perceptores, sino también mecanismos para digitalizar, almacenar, y trabajar representaciones de imágenes visuales que pueden ser

bidimensionales, tridimensionales, esbozos de 2 1/2, representaciones que a su vez representan representaciones en dos dimensiones de objetos tridimensionales, etc. El problema no es meramente electrónico o computacional: requiere, entre otras cosas, de un modelo teórico del aparato de la visión y de esquemas sumamente complejos de representación y procesamiento del conocimiento. Por ejemplo, en la actualidad la "United Parcel Service" (UPS) emplea computadores de mano producidos por Grid Systems para llevar el control de envíos y entregas. Estos computadores de lápiz óptico le permiten a los empleados utilizar un bolígrafo electrónico para introducir información directamente en la pantalla, información que se transfiere inmediatamente al computador central de la UPS. Ahora bien, un texto manuscrito puede almacenarse tal como fue escrito, o ser convertido a letra de imprenta: esto último es considerablemente más difícil y mucho menos confiable que lo primero. El problema es que para un computador es sumamente difícil diferenciar entre una "e", una "c", o una "o" manuscritas por diferentes personas. Otro ejemplo: para que haya un computador que confiablemente decodifique mensajes orales faltan todavía muchos años. De nuevo, el problema es de representación, esta vez aún más difícil, e imposible de resolver sin un manejo relativamente profundo de la lingüística, en particular de la fonética y de la fonología de cada lengua determinada. Nuestros intercambios verbales están basados en estructuras y procesos fonológicos, altamente abstractos, no en meros sonidos. En la actualidad todavía no hay computadores capaces de reconocer con igual facilidad un mandato dado por un andaluz engripado o por una enfurecida anciana de Buenos Aires: a los que existen tiene que hablárseles en tonos constantes y medidos, y de hecho los más confiables lo son porque han sido "entrenados" para trabajar con una persona en particular.

Si este es el caso en proyectos relativamente "simples" para los cuales se han obtenido ya resultados positivos, ¿qué decir de las áreas de investigación del futuro, e.g. sobre modelos holográficos de la memoria para manipulación de LN's, en donde tiene que trabajarse en un equipo

que involucre no solamente las áreas tradicionales de las Ciencias Cognoscitivas, sino también a físicos y bio-psicólogos? Los países en vías de desarrollo, pues, tienen ante sí un reto de dimensiones casi incalculables, y cuya urgencia no puede sobreestimarse. Además, no es un reto cuyo enfrentamiento pueda considerarse opcional: en mi opinión, si nuestros países no lo asumen con seriedad y presteza, están condenados a desaparecer como participantes activos en la historia del próximo milenio.

Según Dertouzos [Dertouzos M, (1991)], las nuevas tecnologías aumentarán la brecha entre ricos y pobres, y podrán propiciar un aumento de los crímenes de alto nivel ("white collar crime"), así como poner en peligro la salvaguardia de nuestra privacidad. Sobre las consecuencias para las naciones en vías de desarrollo, dice lo siguiente:

"Haciendo un balance la información naturalmente incrementa la riqueza de quienes ya tienen considerables bienes materiales simplemente porque estas comunidades ya poseen una gran cantidad de bienes tangibles a los cuales puede llevar la información. A menos que los países ricos asuman para sí el deber de ayudar a las naciones menos privilegiadas para que éstas hagan buen uso de las tecnologías en desarrollo, la época de la información muy probablemente aumentará el abismo que separa a los que tienen de los que no tienen."

A pesar de esta opinión, y de los indudables datos que la acuerpan, me rehúso a adoptar una posición fatalista.

Comenzaré por decir que no creo que las naciones ricas del mundo lleguen a regir sus

acciones atendiendo a imperativos éticos: la historia demuestra que, desgraciadamente, a las entidades sociales las mueve fundamentalmente el propio interés, y que ningún pueblo ha surgido como no fuera por sus propios medios. Nuestra tarea, hoy más que nunca, es lúcida y clara: fortalecer nuestra "identidad", reformular nuestros esquemas mentales, enfrentar los problemas sin un derrotismo acomplejado, pero también sin sueños de grandeza tan ridículos como son descabellados. Finalmente, debemos crear y desarrollar una fuerte consciencia de nuestro entorno, no sólo histórico, social, y cultural, sino ambiental también. Los diversos países de América Latina no podrán superar sus problemas individuales actuando solos y sin atender a todas las consecuencias de sus planes y acciones: pareciera que, como en otros momentos, el cambio fundamental, la única vía real, reside al interior del hombre y no en sus creaciones, por mágicas que estas parezcan. Para incorporarnos como partícipes en esta "era de la información", lo primero y más importante serán los cambios positivos que logremos a nivel mental y cultural, como nación y como personas.

BIBLIOGRAFIA

1. Dertouzos, Michael: *Communications, Compu-ters, and Networks*. MIT Laboratory for Computer Science. Scientific American, Special Issue, September 1991.
2. Newsweek, : *Technology: Speak nicely to your PC*. October 28, 1991