

# DESARROLLO EN MINIATURA

*Usarán los países en desarrollo la microelectrónica o serán usados por ella?*

ROWAN SHIRKIE y JEAN-MARC FLEURY

El computador ha desaparecido. Pero no ha dejado de existir, se volvió invisible. La tecnología microelectrónica —basada en la famosa plaqueta de silicón— ha reducido a proporciones minúsculas el tamaño, el costo y la energía de procesar y almacenar información. Al mismo tiempo, ha expandido el poder y la utilidad del manejo electrónico de la información y la ha llevado a todas las esferas de la actividad humana.

En los países industrializados la microelectrónica será la clave para ampliar la productividad de los procesos manufactureros y la eficiencia de los negocios. Las comunicaciones y una amplia gama de bienes y servicios se verán transformados con la inteligencia del computador.

En sí, la industria electrónica se ha convertido rápidamente en una fuerza económica mayor que genera en ventas más de cien mil millones de dólares al año. Los analistas creen que superará a la industria automotriz y se convertirá en la empresa manufacturera mas grande del mundo.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico ha declarado que "el complejo electrónico será el polo central alrededor del cual se reorganizarán las estructuras productivas de las sociedades industriales avanzadas". Otros señalan que el estado de la industria electrónica será el que determine si un país es o no es desarrollado.

Los patrones cambiantes de la producción global, el comercio y la inversión implicados en la revolucionaria tecnología microelectrónica, plantearán desafíos especiales a los países en desarrollo. Al mismo tiempo, los países pobres pueden tener la oportunidad de saltar varios siglos de industrialización y poner algunos de los productos mas avanzados de la tecnología al servicio de los problemas de la educación, la salud, la producción alimenticia, la energía y la manufactura. Pero antes de poder disfrutar de lo positivo de la microelectrónica, los países en desarrollo sentirán las consecuencias de la explosión industrial del norte.

La flexibilidad y el bajo costo de la tecnología de plaquetas permite aplicar la in-

teligencia del computador a los procesos manufactureros. Esto puede hacerse con microcomputadores que controlan sistemas enteros o directamente con microprocesadoras —robots. Ya hay robots que sueldan y pintan carros, arman refrigeradoras, taladran piezas de aeroplanos y manejan material radioactivo en plantas nucleares. En el futuro harán más.

Un 60 por ciento de la manufactura moderna se hace en lotes muy pequeños para justificar el ensamble masivo en línea. Los robots reprogramables, controlados por un microprocesador, pueden hacer esta manufactura en lotes pequeños a una décima parte del costo. Dentro de 20 años —algunos dicen que 10— los robots proveerán la mitad de esta mano de obra. para comienzos del próximo siglo se espera que los robots produzcan la mitad de todos los bienes manufacturados.

Esto cambiará el estado competitivo de muchas industrias y, desde luego, es a

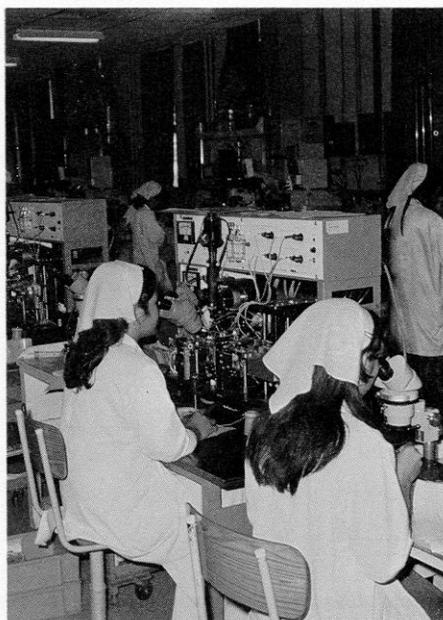
través de la estrategia del robot que el norte planea recuperar su ventaja económica sobre las manufacturas de los países en desarrollo. La microelectrónica en las fábricas devaluará uno de los mayores bienes de los países pobres —la mano de obra barata. El espectro del desempleo masivo ya ha comenzado a proyectarse sobre algunos gobiernos del norte. Y qué pasará con el sur —especialmente con aquellos países recientemente industrializados, cuya medida de desarrollo es la penetración en el norte con mercancía producida de manera barata?

El mundo industrializado teme la revolución microelectrónica, lo que no le impide consagrarle importantes recursos con el fin de acelerar su llegada. ¿No será que, en el fondo, los habitantes de los países industrializados siguen creyendo en la técnica? Sin duda, esperan encontrar en ella la solución a los problemas que afligen a su sociedad. Recientemente un semanario francés titulaba un artículo: "Cómo nos salvarán los robots". Pero, salvarán los robots también al Tercer Mundo?

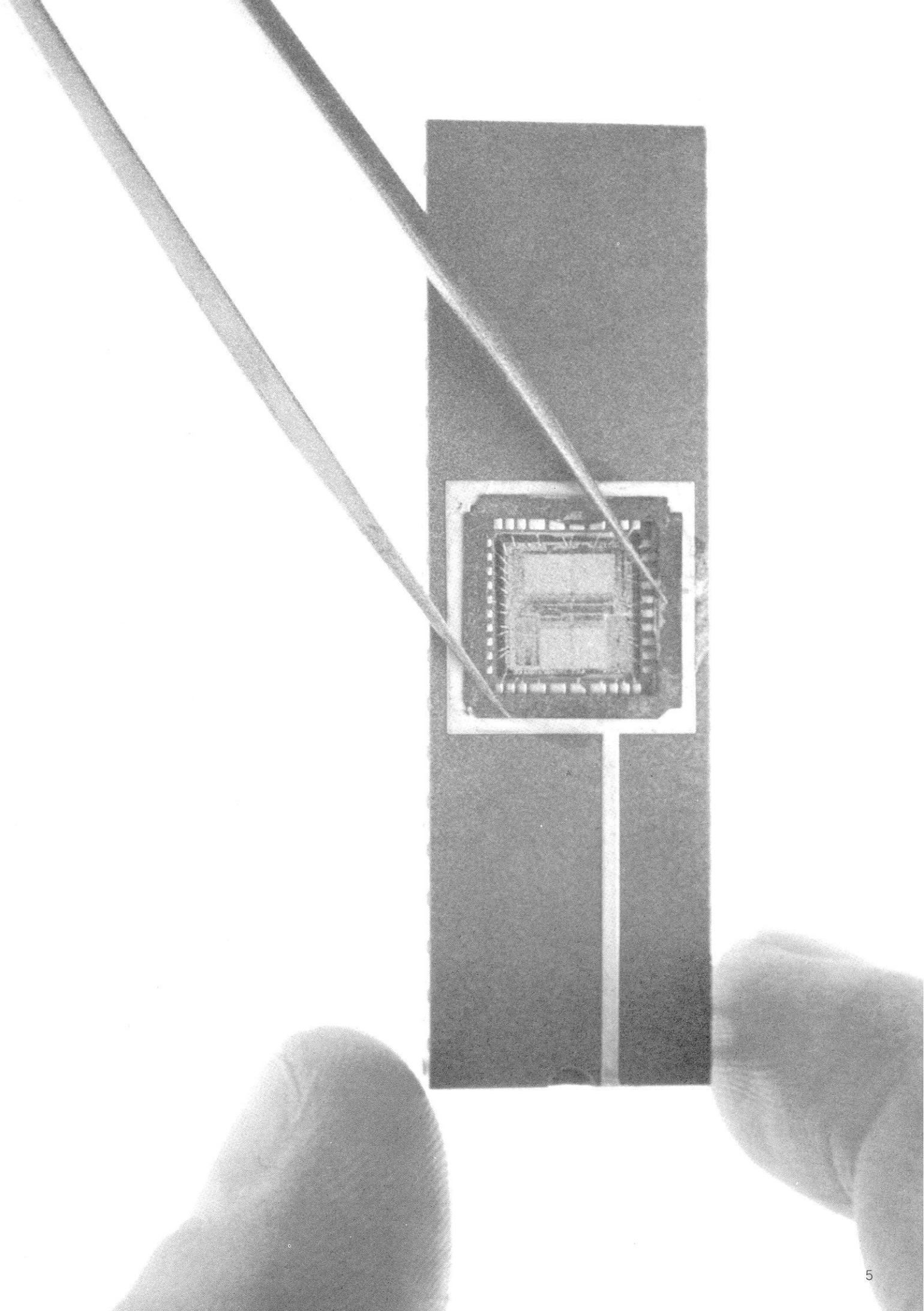
## EL TERMINAL RURAL

Muchos sostienen que el computador puede desempeñar un papel importante en el desarrollo de los países pobres y preconizan una estrategia basada en la utilización de los microprocesadores. En su último libro, "El desafío mundial", Jean Jacques Servan-Schreiber propone pasar por computador un "plan Marshall planetario". Sugiere que cada pueblo, incluso los mas pobres y atrasados, sea dotado de un terminal informático conectado a una red central. Este terminal pondrá al alcance del pequeño campesino toda la información que necesite para velar por la buena salud de su familia y mejorar su producción agrícola. Según Servan-Schreiber, el terminal del pueblo favorecería la educación de las masas sin la intervención de los expertos extranjeros, dejando a la vez a los aldeanos la libertad de definir sus propias necesidades.

No faltan los intelectuales del Tercer Mundo que, sospechando del entusiasmo con que los expertos occidentales les



*Ensamblaje de componentes electrónicos por mujeres en Malasia. El trabajo trae afecciones oculares. Al frente: Plaqueta de silicón con 65000 conexiones y 36000 transistores "empacados" para su aplicación en comunicaciones. Foto: Mitel Corporation.*



proponen sus técnicas intermedias o apropiadas, se preguntan por qué los países en desarrollo no pueden beneficiarse rápidamente de la microelectrónica, con la misma facilidad con que adoptaron el radio transistor.

Arthur C. Clarke, autor de ciencia ficción que se hizo célebre por haber pronosticado el advenimiento de los satélites de comunicación, vislumbra la multiplicación de los "maestros de bolsillo" en todo el Tercer Mundo, con la misma facilidad con que actualmente se ven los transistores hasta en las aldeas más inaccesibles. El "maestro de bolsillo" sería una especie de microprocesadora alimentada a partir de una vasta biblioteca de programas educativos grabados en memorias-módulo. El alumno escogería los cursos que más le interesaran colocando el disco del módulo seleccionado. Todo lo que le quedaría por hacer sería prestar atención a los mensajes en el dispositivo de visualización o a la voz del aparato, puesto que ya se domina la síntesis electrónica de la palabra humana. Fabricadas en serie, estas calculadoras pedagógicas permitirían un acceso rápido al saber, sin exigir la costosa construcción de una red de escuelas y la capacitación de miles de educadores. Por último, al funcionar con pilas, suprimen la necesidad de una red eléctrica mientras que los pequeños módulos evitan la dependencia de una red de telecomunicaciones.

Pero la irrupción de la microelectrónica en las aldeas no es para mañana, piensa Kurt Hoffman, del grupo de investigación en política científica de la Universidad de Sussex (Inglaterra). Hoffman se dedica actualmente al estudio del impacto de la microelectrónica en la industrialización y el Tercer Mundo, en investigaciones financiadas en parte por el CIID. "De qué le serviría un terminal a un pobre campesino analfabeta?" se pregunta. "Y, ¿cómo podría utilizar la información dada por el aparato?"

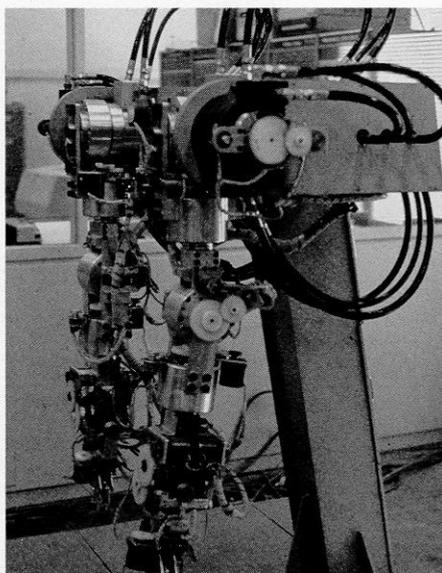
En general, Hoffman cree que el impacto de la microelectrónica en el Tercer Mundo será más bien negativo. "Países como Taiwán, Singapur y Hong Kong adoptarán rápidamente los nuevos equipos automatizados, dice. Pero los países más pobres no podrán hacer lo mismo. Parece casi inimaginable que los países muy pobres puedan participar en la revolución microelectrónica o beneficiarse de ella".

En el fondo, sin embargo, Hoffman vislumbra un efecto favorable de los microcomputadores y los microprocesadores. Su utilización en los procesos industriales permitirá automatizar la detección de daños y averías. Al organizar los datos recogidos en el tiempo real por una multitud de detectores, la microinformática asumirá muchas de las tareas antiguamente desempeñadas por operadores. Todo ello contribuye a reducir las necesidades de vigilancia humana. Por ello resultaría rentable construir mini-fábricas en gran diversidad de sitios, evitando, a la vez, la necesidad de recurrir a expertos contratados en el exterior. Estas mini-fábricas, de las cuales Kurt Hoffman vislumbra ya los primeros proto-

tipos en el sector de las pastas alimenticias y el papel, facilitarían la industrialización de nuevas regiones. En realidad, no es imposible que aquello de "small is beautiful" se haga realidad, no mediante el regreso a las técnicas rudimentarias, sino más bien gracias a la microelectrónica.

Falta por ver si, como sostienen los expertos interesados expresamente en el impacto de la microelectrónica en el Tercer Mundo, el mundo técnico no ampliará más bien la brecha entre países ricos y países pobres.

Los equipos y las máquinas que incorporan microprocesadores serán por fuerza más complejos. Además, muchas instrucciones serán inscritas en memorias muertas, fundiendo en un solo paquete el "hardware" y el "software". Es posible entender un mecanismo determinado desmontándolo pieza por pieza, pero para entender un microprocesador hay que disponer de otros computadores. Por esa razón, las nuevas máquinas dotadas de inteligencia seguirán siendo otras tantas "cajas negras" para los usuarios del



*Un prototipo de robot industrial controlado por microprocesador — el trabajador de cuello de acero.*

Tercer Mundo. El proceso de la transferencia de tecnología exigirá medios cada vez más complejos y ya no podrá hacerse a espaldas de los fabricantes, cuyo poder será diez veces mayor. En vista de que la mayor parte de las nuevas técnicas informáticas pertenecen al sector privado, éste estará en condiciones aún más favorables para hacer rentables sus inversiones.

#### ¿BRAZOS PARA QUE?

Cuántos países no desean imitar a Taiwán, Singapur o Corea del Sur. Estos "países recién industrializados" deben su industrialización al muy rápido crecimiento de sus exportaciones hacia los países ricos. Una docena de estos países representa, de por sí, casi el 80 por ciento de todas las exportaciones procedentes de los países del Tercer Mundo. Sin embargo, el advenimiento de la microelectrónica amenaza con poner en tela de juicio las estrategias de desarrollo económico basadas en la exportación.

Si varios países del Tercer Mundo

experimentaron un rápido desarrollo económico con la exportación de textiles, ropa, calzado y aparatos eléctricos, ello se debió a que su mano de obra, relativamente barata, constituía una ventaja decisiva. Ahora los países industrializados, al automatizar sus fábricas y confiar las tareas ingratas a robots, se disponen a reducir de manera asombrosa sus costos de mano de obra. Kurt Hoffman y Howard Rush, de la Universidad de Sussex, citan el ejemplo de un fabricante de ropa de Gran Bretaña que redujo su personal de 200 a 20 empleados utilizando rayos laser dirigidos por computador para cortar telas. Máquinas de coser "inteligentes" ven los textiles gracias a detectores fotoeléctricos y cosen los diferentes modelos según instrucciones impartidas por computador. Pese a su alto costo, el rendimiento de estas máquinas ha llegado a ser tal, que la industria de la confección ha vuelto a ser rentable en países con altos niveles salariales.

Después de los textiles y de la confección, los radios, los televisores, los tocadiscos y los juegos electrónicos constituyen el tercer renglón de exportación más importante de los países recién industrializados. Hoffman y Rush explican la gran rapidez con que las grandes multinacionales de la electrónica han abierto sus fábricas en el exterior. Sus operaciones en "ultramar" apenas comenzaron a mediados de los sesentas y en 1971 ya había 43 sociedades americanas con fábricas en el Sudeste Asiático y en México. Pero, el uso de la microelectrónica podría desencadenar un movimiento inverso de regreso de la producción por fuera de las fronteras.

Las operaciones confiadas a las fábricas de "ultramar" tienen que ver sobre todo con el montaje de la soldadura de hilos sumamente finos que conectan el circuito integrado con su soporte. Millares de muchachas en todo el mundo fuerzan la vista en la ejecución de tan minucioso trabajo. Sin embargo, la industria de la electrónica acaba de automatizar esas operaciones. Y, en tal caso, resultará más rentable repatriar el montaje a los países industrializados, donde también se efectúa la fabricación. Howard Rush y Kurt Hoffman calculan que las grandes compañías electrónicas tendrán cada vez menos interés en construir fábricas en el exterior.

Parece tan probable que los robots sean todavía menos bien pagados que la mano de obra de los países del Tercer Mundo, que algunos pronostican el fracaso de las políticas de desarrollo económico basadas en la exportación. Raphael Kaplinsky, del Instituto de Estudios de Desarrollo de la Universidad de Sussex, va hasta el punto de desear que ello suceda. Reconoce que, a corto plazo, el crecimiento económico de varios países del Tercer Mundo se verá seriamente afectado, pero ve en ello la posibilidad de un buen remezón al desarrollo aut centrado y al crecimiento del comercio entre los mismos países en desarrollo. "Las estrategias con miras a la exportación han ido con excesiva frecuencia a la par con un empobrecimiento y una represión cada vez mayores", concluye. Kurt Hoffman, por su

parte, no prevé un impacto tan dramático. Tiene la esperanza de que varios de los países recién industrializados se adapten rápidamente y prosigan su proceso de industrialización. La competencia será mas encarnizada entre ellos, tanto más cuanto que los países industrializados que pierdan el tren de la microelectrónica tratarán sin duda de salir del paso convirtiéndose en exportadores de los mismos tipos de productos mas fáciles de fabricar.

#### UN POTENCIAL INMENSO

A pesar de que la revolución microelectrónica promete ser tan importante como la revolución industrial iniciada en Inglaterra hace doscientos años, ciertos jefes de estado de los países en desarrollo ignoran su importancia. En algunas ocasiones se ha respondido a Kurt Hoffman: "Esta tecnología microelectrónica es tan compleja que no puede afectarnos". Sin embargo, los países tratan de implantar varias estrategias.

En 1976, Corea del Sur creó el KIET (Instituto Coreano de Tecnología Electrónica) gracias a una financiación del Banco Mundial. El objetivo del KIET era servir de catalizador para el desarrollo de un potencial nacional en el campo de la fabricación de material electrónico y de la concepción de la programación. A pesar del carácter netamente oficial de ese programa, Corea sigue relativamente poco adelantada en el campo de los circuitos integrados y la microelectrónica. Uno de los proyectos mas importantes del Instituto, la fabricación de un televisor en colores ultra-perfeccionado, promete convertirse en fracaso, afirma Hoffman. Asimismo sostiene que el potencial de investigación y desarrollo de la microelectrónica en ese país sigue siendo poco.

India, aunque no tiene una política oficial de desarrollo del sector de la microelectrónica, posee un potencial muy importante. Kurt Hoffman no ha podido discernir una política precisa en la industria futura de este país: "Es posible que la extensión del país explique el vigor del sector electrónico", sugiere. Numerosas instituciones hindúes de enseñanza preparan cada año cerca de un millar de ingenieros electrónicos. Gran parte de éstos, según Hoffman, se especializa en la concepción de la programación, de modo que India dispone de una vasta reserva de analistas de sistemas y programadores competentes.

Entretanto, una escasez aguda de sistematizadores y programadores afecta la industria electrónica de los países industrializados. La demanda de estos especialistas es tanto mas apremiante cuanto que el componente de programación representa una parte creciente del costo de los sistemas informáticos: en cinco años, este componente debería corresponder al 90 por ciento de los costos de fabricación. Actualmente, compañías americanas como la Intel y la Texas Instruments, han emprendido las negociaciones de proyectos conjuntos con India con el fin de aprovechar esa mano de obra altamente capacitada.

Pero India también se defiende desde el punto de vista del material. La sociedad

estatal de Baharat Electricals Ltd., por ejemplo, cuyo principal cliente es el ministerio de Defensa, fabrica sus propias "pulgas" de circuitos integrados. En realidad, según Kurt Hoffman, de todos los países en desarrollo India es el mas avan-

## PEQUEÑO PERO PODEROSO

El primer gran computador electrónico, ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator), se produjo en una escuela de ingeniería de Estados Unidos en 1946. ENIAC tenía unos 18.000 tubos, una masa metálica enorme y consumía la energía de una locomotora.

Los microcomputadores y los procesadores caben hoy en un bolsillo, cuestan de 100 a 300 dólares, pueden funcionar con pilas pequeñas y son 20 veces mas rápidos y miles de veces mas confiables.

El gigante de la información, la IBM (International Business Machines) señala en su publicidad que un caso semejante en la industria automotriz pondría el precio de un Rolls Royce de lujo en unos cinco centavos de dólar para 1981.

La clave fue el circuito integrado. Los transistores son componentes de un circuito eléctrico usado para amplificar, detectar o conectar el flujo de electrones. Su invención en 1947 transformó la electrónica haciendo obsoleto el tubo vacío. Los esfuerzos por miniaturizar los transistores para uso militar y espacial llevaron a la producción de transistores por lotes en tabletas de silicón. Luego vino la integración de otros componentes de la circuitería en la misma plaqueta y nuevas reducciones. Como dijo Colin Norman recientemente: "En tres décadas, una habitación llena de tubos, cables y otros componentes ha sido reducida al tamaño de una hojuela de maíz".

Actualmente se coloca más y más circuitería en las plaquetas. En 10 años los fabricantes esperan poner más de un millón de componentes en sus unidades. Al agregar las capacidades de procesamiento informativo —funciones de computación— a los circuitos integrados de silicón, nació el microprocesador.

Las instrucciones sobre cómo un microprocesador manipulará los electrones dentro de una miríada de circuitos para realizar funciones lógicas como el cálculo, se establecen de antemano. La función determina el diseño y la manufactura. Esto se llama programación, y es en la programación de los microprocesadores para aplicar su enorme flexibilidad al manejo de la información donde está el futuro de la microelectrónica para los países en desarrollo.

zado en materia de microelectrónica, con una competencia muy especial en el campo mas crucial: el de programación.

Es en el área del "software" —programación y uso de microprocesadores— que los países en desarrollo podrían explotar mejor el notable potencial de la nueva tecnología.

La difusión de la microelectrónica es determinada en buena parte por el costo y la naturaleza de los componentes electrónicos. Pero también se verá influida por quienes pueden aunar la experiencia microelectrónica con un sentido claro de las necesidades humanas para inventarle usos y mercados a la tecnología.

India tiene un buen comienzo. Pero muchos de los recursos humanos en tecnología se van hacia los países mas ricos, donde trabajan produciendo máquinas y juguetes, robots e incluso armas y vehículos espaciales.

Probablemente, las aplicaciones de importancia para los países en desarrollo solo podrán ser aprovechadas si esos países desarrollan el necesario "software" cuya necesidad ya se siente en los inventarios globales. Mientras tanto, toda una gama de productos potencialmente benéficos para los países en desarrollo esperan ser inventados. Ellos podrían incluir:

- Un instrumento de diagnóstico para la salud rural, un "doctor en una caja" que provea en el mismo sitio análisis, interpretación e información sobre tratamiento.
- Sistemas de control para generadores de biogas, alcoholes combustibles o fermentadores de proteína unicelular. Tales sistemas podrían reducir los requerimientos técnicos haciendo posible una mas amplia adopción de estas tecnologías en el campo, donde el alimento y la energía mas se necesitan.
- Calculadoras para la administración de cultivos que ayuden en la decisión sobre insumos de abonos, plaguicidas e irrigación; informadores electrónicos del tiempo; instrumentos de alerta sobre madurez y secado para el almacenamiento, o cualquier otra necesidad de información agrícola.

Ninguna de estas aplicaciones es tan fantástica como parece. Cuando la radio apareció, se pensó que solo era apropiada para comunicación con áreas inaccesibles o remotas —con los barcos en el mar o con zonas montañosas. Hoy día el radio transistor es una de las tecnologías mas divulgadas del mundo.

No se necesita ser ingeniero automotriz para conducir un camión. Hay que saber cómo moverlo y cuál es el destino. Igualmente, los países en desarrollo no necesitan manufacturar plaquetas de silicón o duplicar todas las etapas de una industria microelectrónica para aprovechar sus beneficios. Parecería que la estrategia mas adecuada para el Tercer Mundo está en el desarrollo del "software" que le permita aplicar la tecnología a sus propias necesidades.

El potencial de la microelectrónica para transformar la industria y la sociedad en los países industrializados presenta un dilema a las naciones pobres: o usan la tecnología para su propio beneficio, o serán duramente utilizadas por ella. □