



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

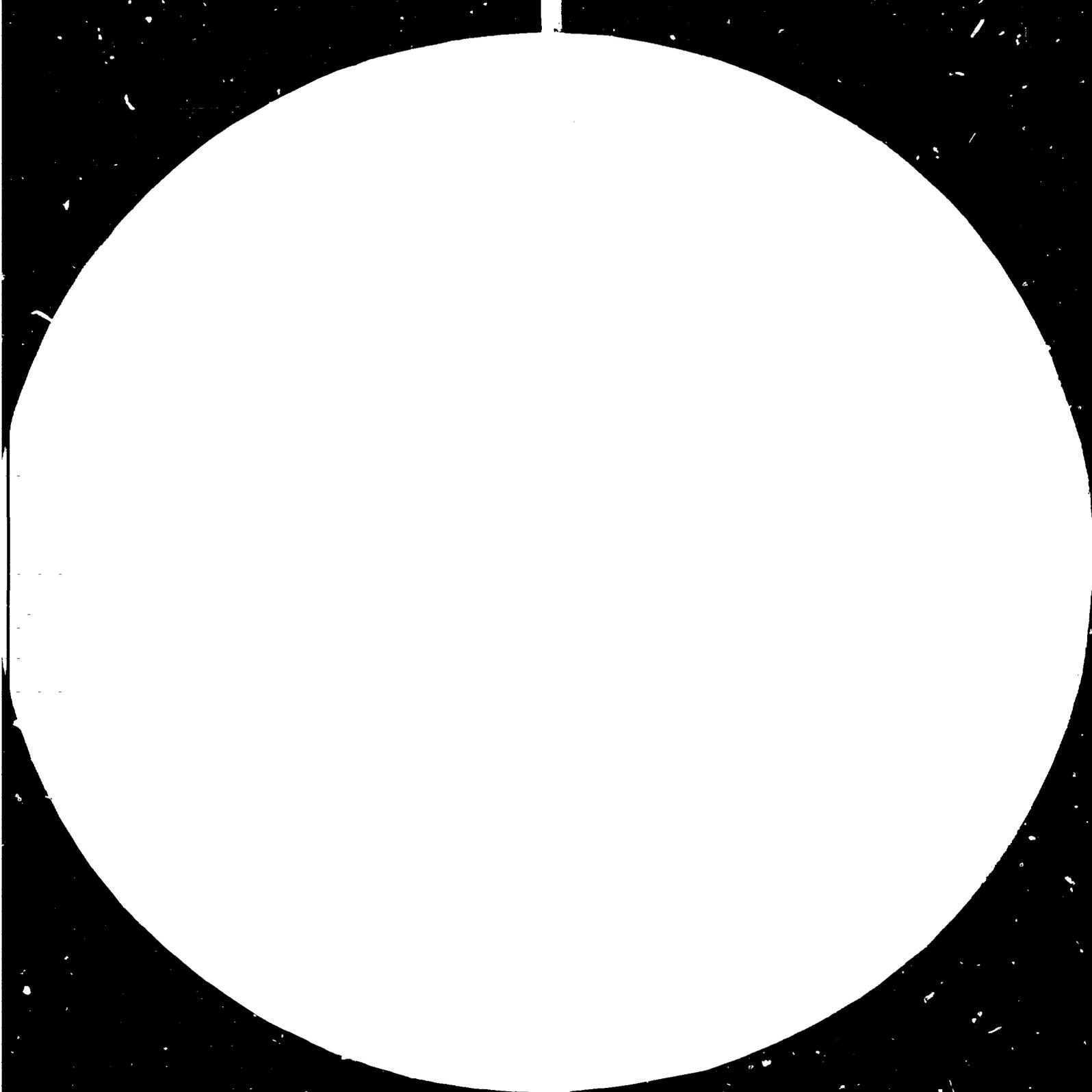
FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





11430-S



Distr. LIMITADA

ID/WG.372/1
3 mayo 1982

ESPAÑOL
Original: INGLES

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Reunión de Expertos ONUDI/CEPAL sobre
las consecuencias de los adelantos
de la microelectrónica en la región
de la CEPAL

Ciudad de México (México), 7-11 junio 1982

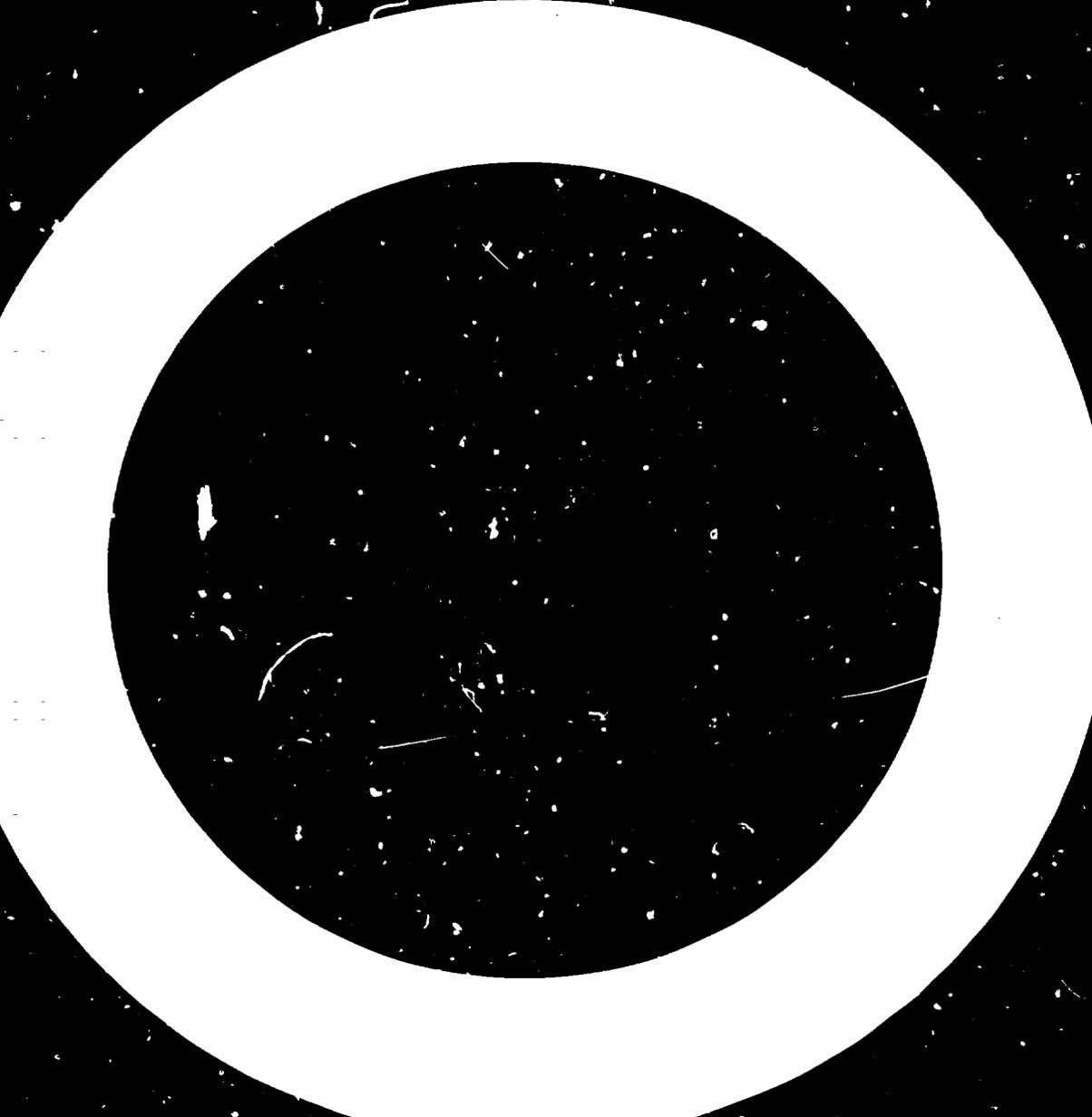
PERSPECTIVAS DE LA APLICACION DE LA MICROELECTRONICA EN EL
DESARROLLO TECNOLOGICO DE PROCESOS Y PRODUCTOS EN LOS
PAISES EN DESARROLLO*

por

Michael Radnor**

* Las opiniones expresadas en este documento son las del autor y no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI. El presente documento es traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

** Consultor de la ONUDI.



RESUMEN

1. Por ser ya la electrónica de importancia fundamental para el desarrollo, los adelantos de la microelectrónica, particularmente en materia de microprocesadores, hacen inevitable la participación de los países en desarrollo en la revolución microelectrónica. En el futuro, muchos de los productos y procesos empleados en los países en desarrollo incluirán microprocesadores, lo que requerirá, como mínimo, que el personal operador sea capaz de utilizarlos e integrarlos en sistemas apropiados. Además, los últimos adelantos en materia de microprocesadores han conferido a esta tecnología justamente aquellas características que la hacen apropiada para su utilización en los países en desarrollo. La instalación de la capacidad de cálculo de una gran unidad central de proceso en una microplaqueta cuyo costo es de sólo unos dólares, el abaratamiento de estas microplaquetas y la facilitación de su empleo, y el hecho de que las aptitudes necesarias se refieran predominantemente a la capacidad de la persona encargada para programar el soporte lógico, permiten considerar que la utilización de los microprocesadores está bastante dentro de las posibilidades de los países en desarrollo. El microprocesador ha abierto las puertas a una amplia serie de aplicaciones necesarias que pueden ayudar a superar uno de los mayores problemas de las economías en desarrollo: la escasez de técnicos y analistas de nivel medio capacitados. Mediante la capacitación del personal en la identificación de aplicaciones y en el diseño del soporte lógico necesario, los países en desarrollo pueden producir un enorme efecto multiplicador en materia de personal calificado. A la inversa de algunos de los concimientos técnicos tradicionales, los microprocesadores pueden resultar en realidad comparativamente ventajosos para los países en desarrollo.

2. Es necesario que los países en desarrollo presten atención a este sector de la electrónica en lugar de intentar recorrer el camino ya seguido por los países del Asia sudoriental. Sería un grave error tratar de competir en los sectores ya desarrollados, como la televisión, la radio o los calculadores, o en los sectores dominados por los sistemas de producción de gran densidad de capital y estrechamente controlados, como el de las videocassettes.

3. En cambio, los elementos, más sencillos, de control e información a base de microprocesadores poseen varias características muy convenientes. Se pueden fabricar a bajo costo a partir de componentes normales y de fácil obtención que luego los usuarios pueden adaptar a sus necesidades concretas. Los productos pueden ser muy fiables, menos sensibles a las condiciones ambientales difíciles y al uso intenso, más útiles y de menor tamaño. Estos productos son de construcción más sencilla, resultan más fáciles de ampliar mediante la agregación de módulos, y se hallan en mejores condiciones de soportar las insuficiencias de otros sistemas, o aptitudes profesionales. Asimismo, facilitan las operaciones descentralizadas en pequeña escala. No deben ser confundidos con sistemas de proceso de información más complejos, como las pequeñas computadoras personales o portátiles, cuya utilización requiere mayor pericia técnica. Es fundamental reconocer que, en el caso de los microprocesadores, es el fabricante quien aporta la alta tecnología. Su utilización, en cambio, requiere una pericia relativamente pequeña.

4. Es esencial que los países en desarrollo dominen esta tecnología apropiada a tiempo para hacer frente a la situación en la que, por mucho que se resistan, habrán de colocarles los productos importados. Más importante aún es la oportunidad de que en los países en desarrollo se dominen las aplicaciones de los microprocesadores y se utilicen provechosamente como un medio para desarrollar las economías autóctonas. En el apéndice de este documento se ofrecen varios ejemplos ilustrativos de productos que pueden fabricarse mediante el empleo de microprocesadores y que podrían surtir efectos espectaculares en sectores tales como la industria, la energía, el transporte, la elaboración de alimentos, la agricultura y la atención sanitaria. Ahora bien, como estas aplicaciones que se sugieren todavía reflejan la experiencia de los países desarrollados, sólo dan una idea de las muchas aplicaciones que esta revolución de la electrónica posibilitará en los países en desarrollo. Si proceden ahora a informarse debidamente y a participar en esta tecnología adelantada, pero de fácil adopción, los países en desarrollo podrán ir reduciendo sucesivamente su atraso tecnológico y tomar posiciones en el futuro mundo de la electrónica.

5. Los costos que supone la adopción de la tecnología de los microprocesadores son relativamente pequeños. El precio de las microplaquetas y de otros componentes continúa bajando, y los que se necesitan para aplicaciones en los países en desarrollo suelen ser de una capacidad de memoria inferior y, por consiguiente, más baratos. Los costos de ensamblaje serán inferiores a los productos electrónicos análogos que no utilizan microprocesadores, y el soporte lógico de aparatos relativamente sencillos será por lo general de bajo precio. Los costos de formación de personal especializado para crear soportes lógicos y desarrollar sistemas, y los de mantenimiento y servicio, no son prohibitivos, y compensan a la larga por el consiguiente perfeccionamiento profesional. Para lograr esta capacidad se necesitará una infraestructura en materia de enseñanza y comunicaciones.

6. Las estrategias recomendadas para facilitar en los países en desarrollo el empleo de productos y procesos basados en la utilización de microprocesadores consisten fundamentalmente en alentar al usuario, o en atender a sus reclamos, basándose en las necesidades de éste, cuidadosamente identificadas, y en las prácticas usuales en las aplicaciones existentes, ampliándolas más tarde a esferas menos conocidas. El enfoque debería basarse en las instituciones, programas y conocimientos especializados existentes, estableciendo al mismo tiempo relaciones con proveedores y fabricantes de la tecnología pertinente de otros países en desarrollo, así como de países desarrollados, mediante la posible constitución de empresas mixtas. Los objetivos consistirían en desarrollar una capacidad autosuficiente mediante la formación de capacitadores, la acumulación de experiencia y el aumento de la confianza entre los usuarios mediante aplicaciones modelo, y, en una segunda fase de rápida aceleración, un esfuerzo en gran escala para mantener la oportuna ventaja en una tecnología de desarrollo rápido. Más adelante se esboza un programa cuya aplicación se sugiere para lograr estos objetivos.

Estas estrategias deben seguirse con plena conciencia de las dificultades, costos, exigencias de tiempo, y repercusiones políticas y económicas generales, así como de los beneficios y oportunidades. En particular, los países en desarrollo deben asegurar que los programas que hayan de realizarse les proporcionen los beneficios perseguidos, pero evitando al mismo tiempo quedar atrapados en situaciones de costosa dependencia.

1. LA ELECTRONICA EN LOS PAISES EN DESARROLLO

7. La electrónica, que ya desempeña un papel central y de importancia creciente en todos los aspectos de la vida de los países desarrollados, está destinada a ser uno de los factores determinantes de la tasa de expansión de los países en desarrollo. Inevitablemente, el desarrollo traerá consigo una relación cada vez mayor con productos y sistemas que emplean electrónica avanzada en los sectores de la industria, los transportes, la salud, la agricultura, el hogar y cualquier otra esfera de la actividad social. En algunas esferas, esta relación no será optativa, sino que vendrá impuesta por la fuerza de las circunstancias. Automóviles, máquinas-herramientas, artículos de consumo, sistemas de proceso de la información, y muchas otras cosas que utilizamos y hacemos en la actualidad, contienen dicha electrónica, y este contenido aumentará aún más en el futuro. Para una mayor utilización de tales productos, procesos y sistemas, es preciso que los países en desarrollo posean la capacidad necesaria para controlar plenamente el desarrollo o selección de los mismos, así como para asegurar su adecuado uso y mantenimiento. Esto requiere la creación de infraestructura y la formación de personal capacitado.

8. Aparte de este efecto inducido, habrá importantes oportunidades autóctonas de intensificar el desarrollo mediante la aplicación de la microelectrónica avanzada. Se dispondrá de productos y procesos nuevos o perfeccionados para utilizar mejor recursos escasos, tales como capital, energía, materiales y mano de obra muy calificada, y que tan vitales son para la industria, el transporte, la agricultura y otros sectores fundamentales. Además, los países en desarrollo tendrán la oportunidad de iniciar actividades de producción, en pequeña escala, en nuevas esferas tecnológicas, mediante la explotación de tecnologías de la microelectrónica, que permitan un mayor control y optimización del proceso y efectuar con mayor rapidez la preparación y el cambio del equipo (lo que permite niveles de producción en pequeña escala eficaces).

9. En los países más desarrollados, e incluso en algunos de los países del Asia sudoriental y América Latina recientemente industrializados, la capacidad de explotar esta revolución electrónica se ha creado sobre la base de una tradición de varios decenios de fabricación y utilización de elementos electrónicos. La posición tecnológica de los países en desarrollo en materia de electrónica es mucho menos favorable. En cambio, un reciente estudio del CESPAP sobre la electrónica en el Asia sudoriental evidenció la existencia de una creciente capacidad para la fabricación de componentes y productos electrónicos (pero no en lo tocante a aplicaciones de la microelectrónica) en países tan diversos como Bangladesh, Tailandia, Malasia, Singapur y Pakistán. Muchos países en desarrollo carecen de una base tecnológica comparable, pero la naturaleza del desarrollo tecnológico de la microelectrónica en los últimos años ha hecho que el acceso a esta esfera sea más viable actualmente que en cualquier otro momento anterior. La tecnología ha llegado a ser más sencilla y más barata de explotar a los niveles de aplicación y de usuario.

10. Ante la extraordinaria revolución, desde el punto de vista de la complejidad y variedad de los componentes y sistemas microelectrónicos disponibles, quienes no se apresten a participar ahora habrán de enfrentar en el futuro obstáculos mucho más difíciles, con lo que será entonces mucho mayor la probabilidad de que se hallen sujetos a una situación de dependencia.

Pero quienes accedan ahora estarán en condiciones mucho mejores de controlar la dirección del desarrollo tecnológico y de servirse de él debidamente y en beneficio propio. El corolario para los países en desarrollo es que deben adoptar con prontitud medidas encaminadas a prepararse para esta nueva tecnología y para lograr desempeñar un papel adecuado en el campo de la microelectrónica, considerada como un elemento de sus respectivas estrategias de desarrollo tecnológico.

11. Si bien esta necesidad inevitable de los países en desarrollo de participar en la electrónica en forma importante y adecuada es desde luego evidente por sí misma, la naturaleza de dicha participación es, con demasiada frecuencia, mal comprendida. Es sencillamente falso que cualquier clase de participación en la tecnología electrónica constituya "un paso adelante en la dirección acertada". Por el contrario, resulta fácil caer en la trampa de establecer sectores electrónicos inadecuados. En otras palabras: ciertos países no necesitan adoptar el modelo de desarrollo electrónico de países desarrollados o de otros países en desarrollo.

12. En la sociedad actual, y en sus diversas formas y aplicaciones -en las comunicaciones, los espectáculos, la educación, la industria, en la agricultura cada vez más, etc.-, la electrónica desempeña un gran papel de importancia creciente. Naturalmente, los países se interesan por las cuestiones relativas al control y a la autosuficiencia en estas esferas. La magnitud de sus posibles proporciones, hace que también sea motivo de preocupación la gran cantidad de valiosas divisas, que habría que destinar a la adquisición de los productos necesarios. Lamentablemente, en muchos casos (aunque no en todos) las estrategias de sustitución de importaciones y el proteccionismo que a menudo va asociado a ellas han tenido resultados poco afortunados. La magnitud de las operaciones, pese a que su componente de mano de obra -elevado hasta hace poco- es muy inferior en la actualidad, también supone muchas oportunidades de empleo, así como posibilidades de exportación de productos con un alto valor añadido. Estas perspectivas han proporcionado una buena base para las estrategias de algunos países en determinados momentos y en ciertos sectores de la electrónica. En el caso de otros, llevan a un desperdicio de recursos y a estrategias ineficaces o incluso completamente inviables.

13. Se recomienda que los países en desarrollo no establezcan, salvo algunas excepciones, plantas para la fabricación de productos que deban elaborarse bajo un estrecho control a fin de lograr que alcancen los niveles de costos y de calidad necesarios para que puedan competir en el mercado internacional, en el que el ritmo de cambio tecnológico resulta desalentador para todo posible nuevo participante, y en el que los competidores bien afianzados gozan de ventajas considerables en cuanto a mercado y producción. Estas áreas comprenden: productos y componentes electrónicos, tales como videocassettes, calculadores complejos, circuitos integrados, microprocesadores, etc., que actualmente se fabrican en grandes cantidades en el Japón, EE.UU., República de Corea, Hong Kong y otros diversos países. Tampoco deben hacer inversiones importantes en sectores ya desarrollados (como los de la televisión en blanco y negro y las radios sencillas), en que las industrias familiares que pueden adquirir fácilmente componentes baratos están en condiciones de desplazar, como ensambladores de productos, a industrias del sector estructurado. En cambio, deberían procurar participar en esferas que maximicen su ventaja comparativa, sus posibilidades de aprendizaje tecnológico y su capacidad de

satisfacer sus propias necesidades nacionales, así como las de los países con los que mantengan relaciones comerciales, de carácter regional o de otra índole. La reciente revolución de la microelectrónica proporciona a los países en desarrollo una oportunidad única para superar su atraso tecnológico en materia de electrónica.

2. LA REVOLUCION DE LA MICROELECTRONICA

14. La industria electrónica, que en un principio requería muchos tubos de vacío relativamente grandes, costosos y poco fiables, instalados mediante complejos, costosos y asimismo poco fiables esquemas de conexiones, para cumplir una función dada, pasó después a una fase en que dichos tubos fueron sustituidos por transistores, más pequeños y finalmente mucho más baratos y más seguros (en menos de 10 años, su precio descendió de 100 dólares a 1 dólar a fines del decenio de 1950) para alcanzar por último, a principios del decenio de 1960, la fase en que gran número de estos bloques de construcción de transistores se integraron en unidades lógicas para construir circuitos integrados en pequeña y mediana escala. El cambio de los tubos de vacío por transistores permitió a la industria pasar de una fase de desarrollo (casi de curiosidad) de la tecnología de las computadoras a sistemas de computadora grandes, comercialmente viables, con características de tiempo muerto aceptables, multiplicándose con ello la industria de computadoras de unidad central. Este mismo nivel de tecnología fue el que permitió el desarrollo, a mediados del decenio de 1960, del calculador electrónico de cuatro funciones, a un costo de 1.500 a 3.000 dólares ("demasiado poco para demasiado"). El circuito integrado en pequeña escala hizo que el costo de tales calculadores se situara entre 700 y 900 dólares y determinó la iniciación de las industrias de controles de minicomputadoras y computadoras.

15. Justamente cuando la tecnología de integración en mediana escala había terminado su curso, hizo su aparición la integración en escala muy grande, basada en tecnología de semiconductores de película de óxido metálico. Esta tecnología permitió la integración de funciones completas en una sola microplaqueta, como en el caso del calculador, del control de máquina, de los controles de representación visual, etc. Entonces, literalmente cientos de miles de transistores podían integrarse en una sola microplaqueta para proporcionar un bloque funcional de naturaleza muy compleja, tal como un calculador, una máquina de escribir o un control terminal de CRT (tubo de rayos catódicos). El problema que se planteaba era que cada uno de estos bloques de construcción especiales tenía un mercado reducido por estar diseñado para funciones específicas, no útiles para todo el mundo, y, por tanto, no era posible en este caso la enorme reducción de precios que suponen las economías de escala. Por entonces, preocupaba bastante a la industria cómo alcanzar el volumen de producción necesario para que esta tecnología fuera viable y rentable.

16. A principios del decenio de 1970 apareció una microplaqueta de integración en gran escala que podía programarse para realizar una enorme variedad de funciones de elaboración y control de información, ser producida en serie y seguir, por tanto, la denominada "curva de aprendizaje", así como posibilitar las reducciones de precios resultantes del empleo de herramental muy perfeccionado y de una elevada producción. Se trataba del microprocesador Intel 4004. Los microprocesadores iniciales tenían las deficiencias propias de todas las tecnologías incipientes. Eran lentos, "estúpidos" y resultaba muy difícil trabajar con ellos y programarlos, pero las ventajas antes

mencionadas compensaban todos sus inconvenientes y dieron lugar a la revolución del microprocesador. Desde entonces, los microprocesadores vienen siendo cada vez más pequeños, más "inteligentes", más baratos y más fáciles de utilizar. Al mismo tiempo, en el transcurso de un par de años, el costo de fábrica de un simple calculador descendió a 4 ó 5 dólares, mientras que el precio de circuitos integrados, "dedicados", y de gran volumen, experimentaba una baja incluso mayor.

17. Los artículos de consumo (tales como juegos), los productos comerciales (como copadoras y procesadores de palabra), y los controles industriales (como los empleados en las máquinas-herramientas), se hallan actualmente en la misma fase umbral, en cuanto a posibilidades de aplicación, en que se encontraba la industria de semiconductores cuando se desarrollaron microplaquetas integradas en escala muy grande. Gracias a los microprocesadores, pueden construirse ahora sistemas, máquinas y productos para fines especiales que pueden realizar una enorme serie de funciones, y a un costo muy razonable de desarrollo y producción. Por otra parte, los microprocesadores no constituyen en modo alguno el único campo en que la microelectrónica ha experimentado avances importantes recientes. Las microplaquetas vocales, la electrónica óptica, las microplaquetas de disco demasiado pequeñas para ser montadas a mano, y otros muchos elementos, van engrosando un arsenal de componentes que hacen posible desarrollar productos, procesos y sistemas muy "inteligentes", fáciles de utilizar y relativamente baratos para la función que cumplen, sumamente fiables, incluso en condiciones ambientales adversas, muy rápidos, muy flexibles (pueden ser adaptados a las necesidades especiales del comprador, ser construidos en fases y diseños modulares, etc.), pequeños, y asimismo de bajo consumo energético. En términos relativos, tales productos y procesos también resultan baratos y fáciles de desarrollar y producir (comparados, por ejemplo, con los productos que utilizan componentes discretos). Estas características explican el atractivo que la moderna microelectrónica tiene para los fabricantes de virtualmente cualquier tipo de producto. Esas mismas características son las que hacen que estas nuevas tecnologías resulten, pese a su gran perfeccionamiento, especialmente "apropiadas" para los países en desarrollo.

18. Lo esencial es reconocer que esa tecnología tan perfeccionada la incorpora en microplaquetas el fabricante de semiconductores, y que el producto que recibe el usuario es sencillo y de pequeñas proporciones. En este sentido, representa una fusión o síntesis de la tecnología "apropiada" o de bajo costo y las tecnologías avanzadas. Pese a figurar entre las más avanzadas de las tecnologías existentes, el valor del actual extremo "micro" del espectro de la revolución electrónica consiste precisamente en que permite desarrollar productos de bajo costo, en pequeña escala y fáciles de utilizar.

19. Esto debe contrastarse con la situación del extremo "macro" del espectro de la electrónica, en que la introducción en las empresas de sistemas en gran escala basado: en el empleo de computadoras requiere ante todo el establecimiento de una importante infraestructura con fines de capacitación y apoyo técnico para mantenimiento, reparación y asistencia, en materia de programación y aplicaciones, junto con estudios de diseño de sistemas, etc. Al considerar las aplicaciones de los microprocesos, se están hallando mejores formas de utilizar un tipo de útil para fines generales muy moderno, pero barato, a cuyo diseño se han dedicado ya enormes recursos por concepto de investigación y desarrollo.

20. Entender este carácter "contraintuitivo" del microprocesador en particular es importante si se quiere comprender cuánto significa para los países en desarrollo. La reacción natural que lleva a decir que tal tecnología, por ser muy avanzada, es forzosamente inapropiada para los países en desarrollo, es sencillamente un craso error. La utilización mundial del microprocesador es inevitable, pero la oportunidad de su empleo es de importancia crítica para que los países en desarrollo puedan aprovecharlo y controlarlo en beneficio propio.

21. Esta revolución tecnológica pone a disposición del usuario una confusa plétora de componentes, productos y sistemas, proporcionándole la capacidad de cálculo, tratamiento y control de la información de las computadoras de gran memoria de unidad central y a una fracción de su costo. Sin embargo, es esencial hacer una distinción entre éstas.

22. A nivel "micro" están las microplaquetas, los circuitos integrados fabricados por encargo, los microprocesadores que pueden diseñarse y programarse para realizar ciertas funciones específicas, como componentes en algunos productos. Estos circuitos integrados se utilizan siempre en unión de otros componentes de un circuito, y en esta condición de "incorporados" están interrelacionados con un elemento usuario (o con otros elementos de un sistema mayor). Un microprocesador puede obtenerse incluso como un solo paquete de programa o constituir un paquete múltiple ensamblado de componentes relacionados con el procesador: una unidad central de proceso (CPU); una unidad aritmética y lógica; circuitos de tiempo y control; registro de almacenamiento interno. Si se combina un microprocesador con las memorias y las puertas de entrada y salida (E/S), se convierte en una microcomputadora.* Algunos procesores terminales de bajo nivel han combinado, en el mismo paquete, una cantidad de memoria y una capacidad de E/S limitadas, con objeto de constituir un sistema de microcomputadora de una sola microplaqueta. Un diseño de circuito puede comprender otros tipos de microplaquetas (por ejemplo, una microplaqueta vocal), según la aplicación a que se destine. Cualquiera que sea la arquitectura, aún nos hallamos al nivel de microplaqueta o de componente múltiple, a incorporar en un dispositivo.

23. Supone un importante cambio de nivel el paso de estos microsistemas al de las computadoras personales portátiles, que podrían considerarse como pequeños macrosistemas. Estas pequeñas computadoras, procesadores de palabra, etc., con sus teclados de entrada, CRT (tubo de rayos catódicos) y terminales de salida de impresora, y cualesquiera otros elementos que precisen, pueden utilizar varios microprocesadores para conseguir la capacidad que necesitan. No deben confundirse, como ocurre con frecuencia, con los microprocesadores o microcomputadoras. Entre estas computadoras pequeñas y microprocesadores y las microcomputadoras se encuentran las computadoras de un solo cuadro o tablero, y algunas microcomputadoras pueden admitir más de un paquete de componentes lógicos de programa. Sin embargo, la diferencia clave está, como se ha indicado anteriormente, en la calidad de la interacción entre el procesador y la fuente de información de entrada.

* Desafortunadamente, el término microcomputadora se utiliza a veces en la industria para referirse a las computadoras pequeñas de nivel macro, sobre las que se trata en el párrafo siguiente.

24. También es posible obtener sistemas compuestos de una serie de microcomputadoras y/o computadoras pequeñas enlazadas que alimenten a una computadora de unidad central. Tales aplicaciones pueden facilitar la integración de muchas operaciones descentralizadas, cada una de ellas óptimamente planeadas y controladas y racionalizadas en una posición central de planificación y control.

25. Esta diferencia micro/macro de nivel de función tiene repercusiones de importancia crítica en los tipos de aplicaciones correspondientes y en las aptitudes e infraestructura necesarias para su desarrollo y utilización, así como en el impacto causado. En general, si bien es cierto que para la incorporación de los microprocesadores en productos, se precisa gran aptitud profesional en materia de desarrollo tecnológico, la utilización de esos productos requiere poca pericia. En contraste, la computadora personal constituye un paquete ya "confeccionado", pero su uso exige gran pericia. Debe señalarse que, en ambos casos, esa pericia o aptitud básica necesaria se refiere a la programación (que va siendo más fácil) y, lo que es más importante, a la comprensión de las aplicaciones necesarias. En lo tocante al impacto en la productividad y en el empleo, los campos o esferas suelen ser diferentes. El impacto del microprocesador es muy probable que se deje sentir en la producción y en las actividades transformadoras (en todos los sectores, es decir, tanto en el sanitario como en el industrial), determinando un aumento de la productividad y una reducción de la necesidad de personal de nivel medio (analistas, controladores, verificadores, etc., semicalificados), y no de mucho personal, como algunos han afirmado, de bajo nivel de calificación. En todo caso, es probable que el microprocesador proporcione a los países en desarrollo una ventaja comparativa frente a los países desarrollados, al ayudarles a remediar su escasez de trabajadores semicalificados y al reducir la incidencia de errores y de otros problemas causados por operaciones de gran densidad de mano de obra poco calificada.

26. Las aplicaciones de los microprocesadores vienen incorporadas en submontajes o productos autoestables nuevos o mejorados (menos costosos y de mayor rendimiento). Estos se utilizan en general para realizar algún proceso productivo, de control o de información, tal como una máquina-herramienta o sistema de riego "inteligentes"; una función de inspector o analista de productos o materiales (por ejemplo, un análisis de sangre); como dispositivo para controlar las condiciones de elaboración de productos químicos o de alimentos, a fin de lograr mejores características de optimización; o como dispositivo de control del motor de un automóvil para disminuir el consumo de combustible en condiciones variables.

27. El impacto de la computadora pequeña se sentirá tanto a nivel de oficina como en la macroplanificación, y afectará al personal administrativo de nivel medio y al carácter de las actividades de nivel superior.

28. A menudo, el microprocesador ha de utilizarse con un sensor o transductor que suministra la información de entrada. Se ha dicho que, en los países en desarrollo, el empleo de los microprocesadores será reducido a causa del costo de los sensores necesarios. Aunque esta opinión no carece de cierto fundamento, por lo que a corto plazo se refiere, y, aunque para ciertas aplicaciones en los países en desarrollo esto puede representar una limitación por algún tiempo, quienes así piensan no tienen en cuenta dos puntos de importancia crítica. En primer lugar, el precio de los transductores disminuye rápidamente

(debido a la aparición de nuevos diseños y al aumento de los volúmenes de producción) tan pronto como aumenta el número de aplicaciones. Esto ya ha ocurrido, por ejemplo, en el caso de los sensores utilizados para determinar la frecuencia de los latidos cardíacos, y es probable que también suceda en el de aquellos sensores que sólo sean extensamente aplicados en los países en desarrollo. En segundo lugar, para el tipo de percepción necesaria (determinada por la función para la cual haya sido diseñado el microprocesador) pueden utilizarse a menudo sensores muy sencillos en sustitución de otros más antiguos y costosos. El mismo tipo de impacto se ha dejado sentir en otros sectores conexos del de componentes (por ejemplo, en los interruptores, circuitos de alimentación, convertidores analógico-digitales), en los que la revolución del microprocesador ha desencadenado el desarrollo de nuevas generaciones de componentes compatibles con el microprocesador. Finalmente, no cabe esperar, por supuesto, que los microprocesadores sean ampliamente utilizados en todos los sectores en que pudieran serlo, sino tan sólo en aquéllos en que resulten rentables.

29. La rapidez con que surgen nuevas tecnologías de la microelectrónica, la continua caída de los precios de los componentes, la constante tendencia hacia dispositivos más "inteligentes" y al mismo tiempo más fáciles de utilizar, no son sino un trampolín para el futuro. Baste recordar que en poco más de un decenio se ha pasado de los microprocesadores de una memoria de 1K (mil octetos) a versiones de 64K y 256K.

30. De esto se deduce claramente que, para los países en desarrollo, ahora es el momento de reconocer las oportunidades, iniciar el verdadero aprendizaje que supone toda participación real, estar al tanto de los avances que se produzcan, desarrollar y utilizar la capacidad propia para competir con los productos de importación que contengan microelectrónica avanzada, e iniciar un desarrollo autosostenido y el control de aquellos aspectos de las tecnologías más apropiadas a las necesidades reales y a los crecientes recursos.

31. En las siguientes secciones se dará una idea de las ventajas y oportunidades del elemento actualmente más importante de la revolución electrónica: el microprocesador, así como de las consideraciones económicas, de pericia profesional, y sociales involucradas que permitan la formulación de una estrategia para aplicar esta tecnología en países desarrollados.

3. VENTAJAS DE LOS MICROPROCESADORES PARA LOS PAISES EN DESARROLLO

32. Los microprocesadores tienen varias ventajas intrínsecas sobre otros dispositivos electrónicos capaces de realizar funciones análogas, y es necesario que tales ventajas sean conocidas.

- La dotación física de las microcomputadoras corrientes (fáciles de obtener y de bajo costo) puede ser adaptada a las necesidades del comprador para cumplir virtualmente cualquier función o para controlar cualquier tipo de proceso. Esto evita la necesidad de realizar numerosos y costosos diseños con arreglo a las especificaciones de los compradores, diseños que requieren gran especialización y que están constituidos por muchos componentes discretos conectados; también evita el tener que satisfacer un muy elevado pago inicial por las microplaquetas para necesidades específicas.

- Otra ventaja fundamental de los sistemas de microcomputadoras es su mayor fiabilidad. Los circuitos integrados individuales, tales como el microprocesador, la EPROM (memoria de lectura solamente, eléctricamente programada) y la RAM (memoria de acceso al azar) y algunas microplaquetas periféricas, son bastante complejos. Sin embargo, han demostrado ser tan fiables o más que algunos de los circuitos integrados en media y gran escala que se utilizan en diseños lógicos normales. En la gran mayoría de las aplicaciones, el sistema de microcomputadoras tendrá muchos menos componentes que los diseños lógicos normales y será, por tanto, mucho más fiable. El reducido número de componentes determina un menor consumo de energía y un menor tamaño de la fuente de alimentación, así como una disminución de la disipación de potencia y del calor generado. El menor número de componentes supone, en definitiva, un menor tamaño de la cápsula o "paquete" en que van alojados. En aquellos casos en que anteriormente se necesitaban varios chasis lógicos normales, ahora puede emplearse eficazmente, en sustitución de los mismos, un solo chasis de microcomputadora.

- El hecho de poder encapsular el "conjunto" cuando se reemplazan dispositivos electromecánicos (por ejemplo, un contador o un interruptor) por unidades basadas en el empleo de microprocesadores, reduce en gran medida la probabilidad de averías a causa del polvo, la corrosión, el calor, el mal uso, el inadecuado mantenimiento, etc., todo ello muy corriente en los países en desarrollo.

- Otras ventajas de las microcomputadoras son su mayor utilizabilidad y su menor necesidad de mantenimiento cuando ambas cosas son necesarias. Su reducido número de componentes y su mayor fiabilidad hacen que requieran menos mantenimiento. Cuando se produce un fallo de funcionamiento, el técnico en mantenimiento puede utilizar un programa de diagnóstico de la dotación lógica para ayudar a ubicar y aislar la avería a nivel del cuadro y en algunos casos a nivel de microplaqueta. De la aplicación de que se trate, dependerá el que sea o no posible programar un sistema no atendido que lleve a cabo autoverificaciones automáticas. Algunos de los demás diagnósticos de la dotación lógica pueden comprender la capacidad de verificar controles e interruptores, dispositivos de representación visual y luces de indicador, etc.

- Otra ventaja consiste en la mayor facilidad de mejoramiento o ampliación del campo, debido a lo relativamente sencillo que es ampliar la dotación física de tipo modular, y a la flexibilidad para reprogramar la dotación lógica. El programa de la dotación lógica puede actualizarse, siendo posible programar nuevas memorias sin afectar a ningún instrumento operativo.

- Como la capacidad de la mayor parte de los microprocesadores es por lo general muy superior a la que pueda exigirle una aplicación determinada, una vez incorporada la microplaqueta correspondiente puede hacersele cumplir muchas más funciones y con un aumento de los costos muy pequeño. Esta posibilidad de ampliación de funciones a bajo costo proporciona al encargado de crear (o mejorar) productos o procesos enorme flexibilidad y muchas posibilidades en cuanto a aplicaciones

- creativas. Una de las características adicionales que puede ser muy útil para los países con escasez de personal de mantenimiento calificado es la capacidad de incorporar el citado autodiagnóstico a fin de que el procesador pueda verificar el resto del sistema electrónico.
- Otra ventaja son los ciclos de preparación más cortos y más sencillos. Esto es posible gracias al empleo de dotación física diseñada y de programación modular. La programación modular, al reducir la tarea total a sólo la necesaria para módulos simples y sustituibles, que son funcionales por sí mismos, facilita notablemente la tarea y reduce por consiguiente las necesidades de capacitación. Cuando se requiere un producto complejo, los módulos necesarios pueden enlazararse a bajo costo mediante una dotación lógica relativamente pequeña adaptada a las necesidades del usuario.
 - La reducción de los componentes de dotación física necesarios también tiene la importante consecuencia de posibilitar productos mucho más pequeños e incluso miniaturizados. Esto permite crear unidades pequeñas (y a menudo más baratas), bien adaptadas a muchas situaciones de proceso y de funcionamiento en pequeña escala.
 - La "inteligencia" y rapidez del microprocesador permiten compensar las principales insuficiencias de otros sistemas, aptitudes, condiciones o materiales. Así, los microprocesadores permiten utilizar en motores, mediante un continuo ajuste compensatorio, combustibles de escasa o variable calidad; obtener mejores rendimientos de aparatos que utilicen energía de tipo variable, como la eólica y el biogás; considerar el desarrollo de prótesis auditivas muy baratas mediante el empleo de modificaciones de señales para reducir el ruido y la realimentación propios de los audioreceptores y audiotransductores de calidad inferior; permitir a los técnicos poco calificados llevar a cabo procesos muy difíciles (por ejemplo, análisis cardíacos o de pureza química); y así sucesivamente. Estas condiciones deficientes que requieren medidas compensadoras son normales en los países en desarrollo y en los productos y sistemas que en ellos se emplean. Una importante ventaja de los microprocesadores la constituyen sus enormes posibilidades de ahorro de personal calificado.
 - La planificación y la optimización de sistemas complejos y en gran escala (en los transportes; en el enlace entre agricultores, almacenistas y fabricantes de productos alimenticios, e incluso en las unidades de grandes operaciones integradas, etc.), son notoriamente deficientes, incluso en los países desarrollados. En la mayor parte de los casos, la insuficiencia de datos, las condiciones cambiantes y los modelos incompletos han limitado la utilidad de los enfoques de optimización del análisis de sistemas y de la investigación operativa. Se pueden crear modelos mucho más sólidos, con destino al público, en los cuales los microordenadores (e incluso las minicomputadoras) se empleen para optimizar operaciones locales que dependen de información de entrada/salida recibida de una red de enlace perteneciente a dichas unidades controladas por procesador. Esta tendencia al empleo de un mayor número de procesadores enlazados ha llegado a ser característica de las fábricas japonesas más avanzadas. Las condiciones propias de los países en desarrollo hacen que las estructuras descentralizadas enlazadas sean con mucho preferibles a las soluciones que implican

una alta integración y centralización, habida cuenta de su flexibilidad y de las modificaciones modulares e incrementales, etc., que permiten. Conjuntamente con la capacidad en materia de telecomunicaciones (otro sector decisivo para el desarrollo), los microordenadores y las mini-computadoras desempeñarán un papel importante en lo que a posibilitar un enfoque de optimización descentralizado en la planificación nacional e incluso a nivel de empresa.

- Cabe señalar, por último una ventaja estética y psicológica en la posibilidad de crear productos más atractivos y menos prohibitivos, y que, por ello, serán seguramente mejor aceptados por los usuarios finales.

33. Las ventajas antes mencionadas constituyen, naturalmente, el aspecto positivo de los microprocesadores, pero al mismo tiempo señalan sus limitaciones. Deberá prescindirse de ellos, por ejemplo, cuando esas "ventajas" no representen un valor real para el fabricante o el usuario. Tampoco deben utilizarse cuando los aspectos económicos y los relativos a los conocimientos técnicos, que más adelante se examinarán, no resulten favorables. Aunque en este documento se propugne el empleo de los microprocesadores, esto no quiere decir que se considere aconsejable su utilización en todos los casos en que ello sea materialmente posible. Por tanto, un aspecto fundamental de todo programa de capacitación y de sensibilización consiste en lograr que el interesado sepa cuándo debe utilizarlos y cuándo no, así como los tipos adecuados y su modo de empleo.

34. Las posibilidades y ventajas de los microprocesadores han llevado a los fabricantes de productos y de procesos a utilizarlos cada vez más. Actualmente, los artículos de consumo, automóviles, máquinas-herramientas, procesos químicos, dispositivos de seguridad, y muchos otros productos, contienen gran cantidad de microplaquetas. Pronto será imposible comprar un automóvil o un aparato de televisión que carezca de ellos. Quiérase o no, los países en desarrollo llegarán a ser usuarios de dichos productos y procesos. El problema consiste en ser un buen usuario.

35. Esta forma "inducida" de la tecnología del microprocesador exige varias respuestas adecuadas:

1. Será necesario adecuar (mediante readaptación o nuevas estructuras, según proceda) el personal y los sistemas existentes para la labor de mantenimiento (de automóviles, equipo hospitalario, artículos de consumo electrónicos, etc.). La experiencia en los países desarrollados ha demostrado que la transición necesaria es muy difícil, pero inevitable. El antiguo personal de mantenimiento se ha mostrado lento para adaptarse, por lo que ha sido necesario desarrollar enfoques de capacitación innovadores que permitan obviar este inconveniente. La instrucción y capacitación programadas por el sistema video ha resultado eficaz. Este tipo de programa, desarrollado en los Estados Unidos por la Northwestern University con el apoyo del Ministerio de Comercio, ha sido adoptado por la Electronics Industry Association. Además de la capacitación, se necesitan sistemas de servicios que permitan el diagnóstico y el reemplazo de módulos sobre el terreno.

El mantenimiento de los microprocesadores no presenta mayor dificultad. En realidad, tiende a ser cada vez menos necesario, y, tras la debida preparación, resulta en general más fácil. Lo que sucede que es diferente, y puede por ello atemorizar a quienes no estén familiarizados con la tecnología o a quienes se hallen por primera vez frente a un dispositivo inteligente (la computadora).

2. Incluso productos y procesos importados relativamente normales pueden ser bastante adaptables a necesidades específicas, dada la flexibilidad intrínseca de los microprocesadores, si el usuario conoce suficientemente las posibilidades de obtener o de efectuar dichas modificaciones.

36. Existe un segundo tipo de participación inducida de los países en desarrollo en la revolución de los microprocesadores. Se trata de la necesidad de ser competitivos, o de llegar a serlo en el futuro, y de asegurar la eficacia, desde el punto de vista de los costos, en algunos de los productos, procesos y sistemas que se fabrican actualmente en países en desarrollo con destino a los mercados interno de exportación. También en este caso existirán pocas posibilidades de elección si los microprocesadores se incorporan como cosa normal a esas aplicaciones concretas. Sin ellos, en muchos casos será sencillamente imposible lograr la necesaria combinación de características, costo y rendimiento deseados. Lo mismo cabe decir de las exportaciones a mercados de otros países en desarrollo o de países adelantados. En este caso, las necesidades de personal calificado tendrán que ver con el desarrollo tecnológico de productos y los diversos tipos de producción. La misma situación se plantearía en el caso de empresas mixtas en que las firmas extranjeras emplearan microprocesadores en sus diseños.

37. A largo plazo, más importantes serán para los países en desarrollo las aplicaciones "autónomas" que puedan promover su industrialización. Estas aplicaciones pueden comprender productos y procesos que permitan aumentar la eficacia y la eficiencia de todos los sectores de la economía, y que proporcionen asimismo nuevas oportunidades de exportación.

38. La confección de una lista de tales aplicaciones constituye un dilema. Las posibilidades son prácticamente infinitas, y sólo serán limitadas en la medida en que lo sean la experiencia, los conocimientos y la imaginación de los creadores y usuarios. A título ilustrativo, se adjunta a este documento una lista de aplicaciones. Al hacerlo se ha tenido en cuenta que el natural escepticismo de los planificadores exigiría que fuese "convinciente". Las aplicaciones descritas en el apéndice abarcan productos, procesos y sistemas que ya han sido creados o concebidos y que parecen apropiados para los países en desarrollo. La selección se ha hecho cuidadosamente, al objeto de abarcar una amplia variedad de aplicaciones, productos y procesos que puedan ser utilizados e uno u otro sector económico de la producción, los servicios o el suministro de recursos (como los sectores manufacturero, de productos químicos, de elaboración de alimentos, agrícola, de transportes, comunicaciones, energético y de servicios sanitarios), así como directamente por los consumidores o usuarios. Al examinar dicha lista de aplicaciones ilustrativas debe tenerse en cuenta lo siguiente:

1. Es de suma importancia reconocer ante todo que estamos tratando con una serie de tecnologías que, por sus posibles repercusiones, hacen pensar en otra revolución industrial. Las aplicaciones que en la actualidad pueden describirse son probablemente tan limitadas en su concepto como las que podían describirse al comienzo de las revoluciones tecnológicas anteriores. Los mismos países desarrollados no han profundizado todavía en las posibilidades de aplicación. Por la misma razón, así como actualmente resulta obvia la imposibilidad de crear una industria manufacturera si no se dispone de ciertos metales y de otros materiales, y de instalaciones manufactureras, de montaje y de ensayos, también será vital en el futuro disponer de los medios de procesamiento de la información desarrollados en esta era tecnológica.
2. Hasta ahora, la mayor parte de las aplicaciones existentes han sido desarrolladas en los países del Norte, y es probable que en los países del Sur hagan su aparición modalidades de empleo muy diferentes, en respuesta a necesidades, posibilidades y recursos también diferentes. Pero ello sólo ocurrirá en medida apreciable cuando los países en desarrollo hayan realizado esfuerzos importantes y hayan adquirido gran experiencia en el campo de los microprocesadores. Por ahora, la mayoría de las aplicaciones tenderán a ser ampliaciones y transformaciones, seleccionadas y adaptadas, de las que aparezcan en aquellos países desarrollados que hayan llegado a ser buenos usuarios de los microprocesadores. Conviene señalar que incluso en los países del Norte se dan aún grandes diferencias en cuanto a la capacidad de aplicación de los microprocesadores, encontrándose los Estados Unidos y el Japón muy por delante de los pocos países que en Europa van a la cabeza. También debe señalarse que a los países que se encuentran a la zaga les preocupa mucho la distancia que les separa de los ya avanzados, razón por la cual están realizando intensos esfuerzos para reducirla. Es interesante pensar que un enérgico esfuerzo por parte de los países en desarrollo les permitiría efectivamente situarse, en la aplicación de esta tecnología, por delante de algunos países normalmente (tal vez prematuramente, cabría decir) considerados como desarrollados.
3. Los conocimientos especializados que realmente se necesitan para describir las aplicaciones deben basarse en el conocimiento de las necesidades del usuario y no en el de la tecnología microelectrónica. La misión de los expertos en microelectrónica consiste en sensibilizar a los creadores de productos concebidos en función del usuario respecto de lo que es posible hacer, y enseñarles después la forma de hacerlo electrónicamente una vez que se haya especificado la aplicación. Es natural, por tanto, que una lista de ejemplos de aplicaciones elaborada desde una perspectiva microelectrónica esté expuesta a las objeciones críticas de los usuarios. El peligro está en que al considerar la cuestión de fondo de la oportunidad tecnológica la discusión derive hacia la crítica de una aplicación determinada.

Teniendo en cuenta estas observaciones, la lista de ejemplos del apéndice se ha preparado con la idea de dar a conocer los diversos tipos y aplicaciones actualmente posibles.

4. REQUISITOS PARA LA APLICACION DE LA TECNOLOGIA DE LOS MICROPROCESADORES EN LOS PAISES EN DESARROLLO

39. Es esencial tener una idea realista de los parámetros de costos e inversiones involucrados en la aplicación de los microprocesadores.

40. Los elementos clave de la estructura de costos de los procesos de desarrollo y producción son los siguientes: costos del conjunto de componentes electrónicos (la dotación física) y los consiguientes costos de montaje y ensayos; costos de la programación para proporcionar la dotación lógica necesaria; y costo de los sistemas de desarrollo que permiten efectuar la programación. A ello hay que añadir los gastos de mantenimiento y reparación. Algunos de estos elementos de costo son muy sensibles al tamaño del pedido de compra.

1. Los materiales electrónicos (microplaquetas, memorias, dispositivos periféricos) pueden costar en total de 3 a 75 dólares si se compran en grandes cantidades (entre 7.000 y 10.000 unidades anuales), y de 20 a 200 dólares o más cuando se adquieren en cantidades pequeñas (por ejemplo, 30 ó 50 unidades anuales), lo que dependerá, evidentemente, de la aplicación a que se destinen. A estos costos deben añadirse los de los componentes no electrónicos (caja de protección, botones de accionamiento, etc.) y los de cualesquiera sensores necesarios. Es preciso tener en cuenta que, en los países en desarrollo, para la mayoría de las aplicaciones se utilizarán probablemente microprocesadores de 4 y 8 octetos de memoria pequeña, que ya pueden adquirirse a precios muy reducidos, en lugar de las versiones más modernas y costosas de 16 ó 32 octetos (aunque incluso éstas se abaratan de un mes a otro).

Una estrategia útil para los nuevos usuarios que utilicen pequeñas cantidades de componentes consiste en identificar microplaquetas que hayan sido producidas para usuarios que utilicen grandes cantidades, pues podrán adquirirse a precios muy reducidos. Por gran flexibilidad, el microprocesador puede ser adaptado (si se selecciona acertadamente) a las necesidades de aplicación específicas de los distintos usuarios, y aunque esto no siempre sea posible, sí lo es, desde luego, con frecuencia. También en este caso es errónea la idea tradicional de que los modernos componentes de los países desarrollados no son adecuados para los países en desarrollo.

Por último, en lo que respecta a los costos de los materiales, la sustitución de un dispositivo electromecánico o puramente mecánico, como, por ejemplo, los dispositivos y conmutadores de control mecánico, por un dispositivo electrónico equivalente, supondrá con frecuencia un ahorro en los costos correspondientes; además, el dispositivo electrónico será por lo común más eficaz y podrá desempeñar un mayor número de funciones.

2. Los costos de montaje, que constituyen el principal elemento de costo de la fabricación de componentes electrónicos, varían según las proporciones y la complejidad de la aplicación. Pero dado que el número de componentes que han de montarse es más reducido, generalmente resultará más barato fabricar productos basados en el empleo de microprocesadores que dispositivos electrónicos equivalentes.

3. El costo de la dotación lógica también depende de la complejidad del programa, pero, según cálculos aproximados en base a los precios vigentes en los Estados Unidos, el costo de un programa de 4.000 palabras varía entre 10.000 y 75.000 dólares, viniendo a costar 5 ó 6 veces más los programas grandes del orden de las 16.000 palabras. Es probable que los costos de programación sean mucho menores en los países en desarrollo cuando éstos dispongan de la capacidad necesaria. Por ejemplo, varios de los países en desarrollo más adelantados se han revelado sumamente competitivos en el desarrollo de dotación lógica y en los programas orientados a la exportación, siendo de esperar por tanto una considerable disminución de estos costos. Una vez más, el volumen es un factor a tener en cuenta, pues los costos preliminares de programación deben repartirse entre los productos fabricados. Sin embargo, debido a que en los países en desarrollo, la mayoría de las aplicaciones requieren actualmente una menor programación (probablemente de un costo de 15.000 a 50.000 dólares), el costo unitario sería por lo general aceptable incluso en el caso de volúmenes modestos.

También deben tenerse en cuenta las tendencias de los costos de la dotación lógica. Por una parte, en los costos totales de desarrollo de sistemas electrónicos el porcentaje correspondiente a la dotación lógica ha venido aumentando de modo continuo, pues de un 20% en 1955 ha pasado a ser del 80% en la actualidad. Al mismo tiempo, la programación para los microprocesadores es cada vez más fácil y eficaz, especialmente en lo que respecta a las unidades más pequeñas de 8 octetos. En relación con la dotación lógica para proyectos específicos, los países en desarrollo no sólo deben considerar los costos de diseño, desarrollo, depuración, documentación, mantenimiento, etc., sino también los de capacitación. Desde la perspectiva de una planificación nacional, es esencial comprender que, en la esfera del desarrollo de microprocesadores, las aptitudes técnicas clave necesarias, una vez que se hayan identificado las aplicaciones, son las relacionadas con la creación de la dotación lógica. Esto podría proporcionar a los países en desarrollo una importante ventaja comparativa.

4. Para llevar a cabo la labor de desarrollo, es necesario invertir en un sistema de desarrollo de microprocesadores, así como de algunos dispositivos adicionales. Estos dispositivos pueden utilizarse después para una amplia serie de aplicaciones. El costo de un conjunto de "herramientas" de ese tipo oscilará entre 15.000 y 50.000 dólares.
5. Los gastos de mantenimiento y servicios deben ser bajos en relación con los costos de los productos y procesos correspondientes. La actualización de los conocimientos del personal y el desarrollo de infraestructuras de apoyo adecuadas para la utilización de sistemas basados en el empleo de microprocesadores, entrañarán gastos especiales. Sin embargo, si no se cumplen esos requisitos, los costos pueden ser considerables debido a que es imposible reparar o acondicionar las unidades sin los conocimientos necesarios.

41. Existen cuatro tipos principales de aptitudes técnicas necesarias para la utilización de los microprocesadores. El primero de ellos se refiere a las esferas que deben identificarse y la especificación de las aplicaciones. Es preciso saber en qué casos pueden utilizarse con la mayor eficacia los productos basados en el empleo de los microprocesadores, y cuáles deben ser las características de funcionamiento y mantenimiento, así como los costos correspondientes. Esta información sólo pueden proporcionarla quienes conocen a fondo las posibilidades del microprocesador y que están además al corriente de las necesidades y condiciones de los usuarios. El segundo tipo de aptitudes técnicas, y el más importante para el desarrollo, es el que se requiere para el desarrollo de la dotación lógica vinculado al proceso de producción. Como las características de los productos, procesos y sistemas obtenidos son bastante distintas de las que conocen los usuarios, es preciso crear incentivos para que éstos acepten los nuevos productos y métodos, promover su adopción y ayudar a los usuarios a aplicarlos; una vez logrado lo cual, procederá a ayudar a los usuarios a utilizar plenamente esa mayor capacidad del modo más eficaz desde el punto de vista del costo. Finalmente, y como se ha señalado, es preciso desarrollar las aptitudes técnicas necesarias para la labor de mantenimiento, servicio y reparaciones.

42. De lo anteriormente expuesto se desprende que una condición previa para el establecimiento de esta tecnología es la implantación de un proceso de sensibilización y capacitación y el desarrollo de estructuras que posibiliten las combinaciones de aptitudes técnicas necesarias. Una posible solución que cabría considerar sería la creación, para toda una serie de campos de aplicación, de equipos de expertos en microelectrónica orientada hacia las necesidades del usuario. Estos equipos deben vincularse a redes de aplicación, a nivel regional y a nivel mundial. Tales redes deben poder contar asimismo con la ayuda de equipos de expertos, más especializados, en tecnología y aplicaciones. También será esencial desarrollar las metodologías adecuadas y las estructuras necesarias para poder llevar a cabo los programas previstos. Esto supondría la creación de un sistema de datos y de difusión de la información, con su correspondiente biblioteca y base de datos para mantener, reunir y difundir información relacionada con las diversas aplicaciones de los microprocesadores en los países en desarrollo. En la biblioteca debe contener información sobre los últimos adelantos técnicos, las posibilidades recientemente identificadas, las disponibles de personal calificado, etc., así como información básica sobre tecnología de la microelectrónica. Sería preciso hacer hincapié en una amplia distribución de los materiales técnicos y de enseñanza, con objeto de facilitar su utilización.

5. ESTRATEGIAS DE EJECUCION DE PROGRAMAS

A. Estrategias generales

43. Las estrategias de ejecución de programas destinados a fomentar y a facilitar el uso apropiado, por los países en desarrollo, de productos y procesos basados en el empleo de microprocesadores, y las encaminadas a crear la infraestructura requerida para el mantenimiento y el mejoramiento de dichos productos y procesos, tendrán que concebirse necesariamente en función de la gran variedad de posibles aplicaciones. Ello no obstante, hay ciertos principios generales que debieran observarse, a saber:

1. De entrada, estas estrategias deben planearse "de abajo arriba", con carácter práctico. Según proceda, los programas correspondientes deberán utilizar como punto de partida las necesidades claramente determinadas de los usuarios potenciales de microprocesadores y las prácticas habituales, o bien los productos y procesos que ya se estén empleando o fabricando localmente. El primer paso ha de consistir en incorporar microprocesadores en aquellos productos, procesos y aplicaciones ya existentes en los que tal incorporación determine un mayor empleo, una mayor calidad o fiabilidad, una reducción de los costos, etc. Sólo cuando se hayan dado con éxito esos primeros pasos de incorporación y adaptación deberá pensarse en ampliar la función de los microprocesadores, principalmente en el ámbito de las aplicaciones ya existentes y en el de las nuevas aplicaciones que requieran cambios más radicales en la práctica.

Estas estrategias orientadas hacia las necesidades de los usuarios y hacia las condiciones que se dan en la práctica son de preferir, con mucho, a las que fuerzan la aceptación de productos y procesos nuevos de un nivel no apropiado a dichas necesidades. A esto último se debe el que la proporción normal de "fracasos" en el caso de productos y procesos "nuevos" sea tan elevada, de modo que los programas de ejecución corren el riesgo de retrasarse por razones totalmente ajenas a la utilidad intrínseca de los microprocesadores. Incluso un enfoque tan prudente debe ir precedido de un importante programa de investigación que permita conocer la situación real y qué aplicaciones se persiguen como objetivo. Tal programa, que exige una combinación de conocimientos especializados sobre los usuarios, las prácticas y la tecnología, deberá contar con el concurso de una serie de instituciones ya existentes, como, por ejemplo, empresas, servicios de extensión e investigaciones agrícolas, centros sanitarios, servicios de producción y distribución de energía, etc. Además, siempre que sea posible, habrá de procederse a partir de aquellas instituciones de países en desarrollo que hayan empezado ya a aplicar los microprocesadores y tecnología microelectrónica conexas. De modo similar, siempre que sea posible deberá recurrirse a instituciones nacionales y regionales ya existentes (o nuevas), de países en desarrollo, que puedan desempeñar funciones importantes en los aspectos de planificación, coordinación y capacitación del programa. Es posible que tales instituciones hayan de ser reforzadas para que puedan cumplir adecuadamente tales funciones.

Para la aplicación de estas recomendaciones será preciso, en primer lugar, ejecutar programas de investigación y estudio destinados a determinar los campos de aplicación más convenientes y la base de recursos disponible en diversos países en desarrollo.

2. Por otro lado, es indispensable desarrollar metodologías que permitan promover y difundir al máximo el programa en cuestión, tanto en el plano estructural, como en el operacional. Para ello habría que considerar la vinculación de una estructura regional acompañada de una estrategia de "aprendizaje y perfeccionamiento con la práctica" con arreglo a las siguientes fases: empleo, fabricación, perfeccionamiento e innovación.

3. Deberá procurarse aprovechar al máximo las fuentes idóneas de asistencia técnica tanto de otros países en desarrollo (con arreglo al concepto de cooperación técnica entre países en desarrollo CTPD) como de naciones desarrolladas.

En el primer caso, habrá que tener en cuenta que el nivel de conocimientos técnicos pertinentes está aumentando cada vez más en cierto número de países del Asia Sudoriental y Meridional, así como del Oriente Medio y de América Latina. El autor del presente documento ya conoce el caso de una oferta en firme de asistencia a países en desarrollo con arreglo a dicho concepto de CTPD y es indudable que a este caso podrían seguir otros. También debiera promoverse el intercambio de experiencia entre países en desarrollo mediante el establecimiento de las redes pertinentes (intercambios de personal, visitas, boletines informativos, bancos de datos).

En el caso de los países desarrollados, tanto a las empresas proveedoras de materiales microelectrónicos como a los fabricantes de productos y procesos que incorporen el empleo de microprocesadores, les interesará proporcionar tal asistencia con objeto de ampliar sus posibilidades comerciales. Muchas de las firmas interesadas en participar no son necesariamente grandes sociedades transnacionales, sino que pertenecen a la categoría de empresas medianas o pequeñas de su propio país. Algunos de esos pequeños y medianos fabricantes de productos también pueden ser muy interesantes para la creación de empresas mixtas con los pertinentes países en desarrollo.

Asimismo, habría que recurrir a los servicios de ingenieros consultores, disponibles en diversos países, especializados en la aplicación de microprocesadores. Conviene señalar que los conocimientos que esos servicios pueden proporcionar son de índole muy diferente a los que exige el diseño de los microprocesadores y la investigación en este campo, por lo que será mucho menos probable que puedan encontrarse en, por ejemplo, grandes establecimientos de investigación electrónica o en los departamentos de electrónica o de física de las universidades de los países desarrollados. En cambio, sí es posible que sean fuentes excelentes de información y de tecnología los laboratorios de tecnología aplicada y los centros de investigación tanto de países desarrollados como de países en desarrollo, que se dedican, a mejorar productos, procesos y sistemas utilizados en los sectores de la producción industrial, la energía y los transportes, la salud, la agricultura, la construcción, etc. Tales fuentes existen ya en cierto número de países y habría que aprovecharlas.

4. El programa en cuestión habrá de crear una capacidad autosostenida mediante esfuerzos escalonados, pero complementarios, basados en lo siguiente:
 - La capacitación, cuyo objetivo será principalmente formar a quienes hayan de impartir luego tal capacitación, y que necesariamente tendrá que concentrarse en las posibilidades de aplicación de la microelectrónica. Esto comprenderá los requisitos de diseño y empleo, como por ejemplo: forma en que funciona cada

microprocesador en diferentes sistemas de productos, desarrollo de dotación lógica, las necesidades de interfaz o acoplamiento mutuo de unidades transductores, fuentes de energía, posibles aplicaciones y consideraciones relativas a la relación costo-beneficio; tipo y características de los materiales microelectrónicos disponibles; mantenimiento y servicio; tendencias de la tecnología y futuras posibilidades; y métodos y criterios pertinentes para la eficaz introducción y difusión de las aplicaciones (es decir, la manera de enseñárselas a los usuarios). Los períodos de capacitación deberán tener una duración de 4 a 9 meses (según la experiencia que ya posea el usuario). Los candidatos ideales, a este respecto, serán los ingenieros eléctricos o electrónicos, o quienes posean alguna formación técnica y en materia de programación.

- La creación en cada país, mediante aplicaciones modelo selectivas, de experiencia y confianza entre usuarios y fabricantes. Estos campos de aplicación modelo deben elegirse en función de criterios como los siguientes: 1) Deben abarcarse varios sectores diferentes (como los de la industria, el transporte, la agricultura, la elaboración de alimentos y la salud). 2) Las aplicaciones deben dar idea de los diversos tipos de necesidades que puedan satisfacerse, como por ejemplo:
 - Incorporación en aplicaciones encaminadas a satisfacer una necesidad o resolver un problema de carácter local (por ejemplo, en el control del almacenaje de alimentos). En este caso, los ejemplos que deberán tener un alcance limitado, y se elegirán entre sistemas de suministro ya existentes y que funcionen con eficacia.
 - Incorporación en productos (incluida una pequeña ampliación de su gama) que ya se estén fabricando con destino a los mercados internos y/o de exportación. En este caso, el objetivo es "construir" sobre la base de producción ya existente y consolidarla. Es éste un campo ideal si se trata de constituir empresas mixtas. El método que ha de emplearse con respecto a la promoción de tales empresas consistirá en identificar primero a los posibles copartícipes de países en desarrollo y de algunos de reciente industrialización, así como desarrollados, y de facilitar luego los contactos directos y recíprocos de empresa a empresa. Ya existen métodos para promover ese género de contactos y acuerdos consiguientes, y se han identificado varios posibles copartícipes en tales empresas mixtas, así como posibles fuentes de financiación.
 - El desarrollo o el fortalecimiento de la capacidad de servicio para productos importados que empiecen a contener microprocesadores. Como se trata de algo que habrá que hacer de todos modos, en este caso el objetivo será "mostrar el camino".

- La iniciación de actividades de investigación, en determinados "centros de excelencia", centradas en el desarrollo de nuevos tipos de aplicaciones que no sea probable encontrar en los países del Norte, pero que resulten en cambio particularmente apropiadas para las condiciones de los países en desarrollo. En este caso el objetivo será garantizar a largo plazo la integridad e independencia de tales actividades.

Los criterios expuestos pueden ilustrarse mediante el cuadro siguiente:

Los modelos elegidos deberán constituir una combinación adecuada de algunos (no de todos, evidentemente) de los elementos señalados en los casilleros del cuadro anterior. Tal combinación podrá hacerse igualmente sobre una base regional, aportando a cada país algunos elementos. Los señalados en dichos casilleros son meramente de carácter ilustrativo.

<u>Género de actividad</u>	<u>Sectores</u>				
	<u>Ramas industriales</u>			Salud	Transporte
	Transformación de metales	Elaboración de la madera	Agroindustria	Elaboración de alimentos	
1. Solución de problemas	por ejemplo:	mejora de la calidad, ahorro de material o reducción del volumen de material defectuoso o deteriorado		Nuevos servicios	Reducción de averías
2. Perfeccionamiento de productos	por ejemplo:	mejora de las características menores costos		-	-
3. Servicios	Mantenimiento del equipo	-	-	Controles	Equipo hospitalario Vehículos
4. Investigaciones	Nuevos productos y procesos			Nuevas calificaciones	

5. Por último, conviene señalar la importancia crucial de actuar en el momento oportuno. La microelectrónica se halla en una fase de rápida evolución y ahora precisamente se están estableciendo pautas que tendrán repercusiones a largo plazo. Es indispensable que los países en desarrollo se hallen presentes en esa industria con la suficiente prontitud para no verse reducidos a una situación de dependencia nada deseable. Por tanto, pese a que la estrategia recomendada exige una fase inicial de creación de capacidad y aprendizaje, en forma modesta y gradual, es de importancia vital que vaya seguida rápidamente de una segunda fase de esfuerzos acelerados y de gran envergadura.

B. Planes concretos

1. Fase I. Preliminar (12 meses)

- Establecer un sistema de coordinación y planificación
- Iniciar un programa de investigación y estudio que empiece con una encuesta sobre las necesidades, recursos (personal calificado, instituciones, empresas, etc.), posibilidades y limitaciones (tales como impedimentos de tipo socioeconómico e institucional). Estos datos deben utilizarse como información básica para una serie de cursos prácticos y conferencias (probablemente a nivel regional), que permitirán lograr un compromiso por parte de los países, seleccionar un conjunto adecuado de proyectos experimentales modelo y asignarlos debidamente. Se recomienda que en un principio los países más grandes y desarrollados se limiten a un máximo de cinco o seis proyectos, y los países pequeños a un número menor.

Será necesario proporcionar capacitación inicial y desarrollar métodos para llevar a cabo estas fases de evaluación de necesidades y determinación de recursos. La investigación habría de orientarse luego hacia el aspecto de desarrollo a más largo plazo antes mencionado.

- Una vez determinados los ámbitos de aplicación experimental, se iniciaría el programa de capacitación en escala limitada con los siguientes propósitos:
 - despertar el interés de los encargados de formular las políticas en los planos gubernamental e institucional;
 - despertar el interés de los usuarios, del personal de los servicios de extensión, etc., en las posibles aplicaciones y procedimientos en los ámbitos seleccionados;
 - desarrollar las capacidades de los técnicos que se harán cargo de los microprocesadores en las aplicaciones experimentales inicialmente seleccionadas, y que luego proporcionarán capacitación a otras personas;
 - empezar a desarrollar la capacidad de investigadores tales como profesores universitarios, para que presten servicios en esta esfera.

Los programas de capacitación arriba mencionados deberán realizarse en los países en desarrollo y en los países proveedores de tecnología.

- Desarrollar metodologías
- Iniciar programas experimentales. Esto deberá hacerse por etapas, empezando con uno o dos proyectos, e incorporando gradualmente los otros en las fases I y II.
- Realizar una evaluación de la Fase I y celebrar una o más reuniones para examinar los resultados

2. Fase II. Intensificación del desarrollo de capacidades (13 a 24 meses)

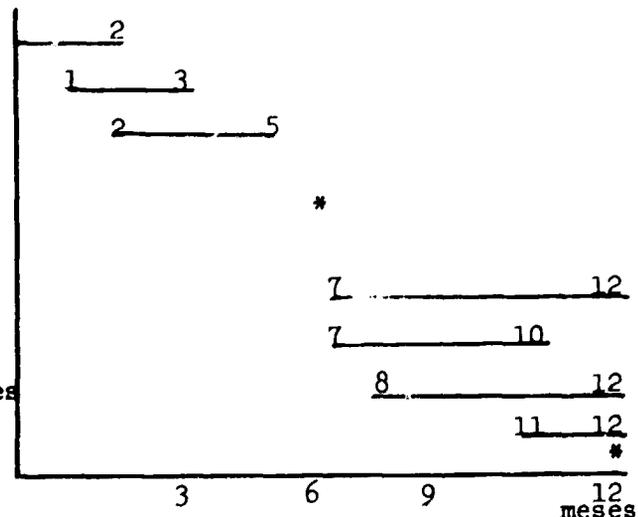
- Ampliar los esfuerzos de capacitación, utilizando ahora a las personas que hayan recibido capacitación en la Fase I.
- Intensificar las actividades de proyectos -todos los proyectos experimentales en ejecución.
- Iniciar actividades de investigación en mayor escala.
- Establecer sistemas de recopilación y difusión de datos.
- Iniciar actividades de intercambio entre países y regiones.
- Evaluar la Fase II.

3. Fase III. Actividades en marcha (3 a 5 años)

Programas ampliados de capacitación, proyectos, investigación, empresas mixtas. En este momento sólo se propone la ejecución de las fases I y II, e incluso éstas podrían realizarse en forma sucesiva. A continuación se esboza un posible programa.

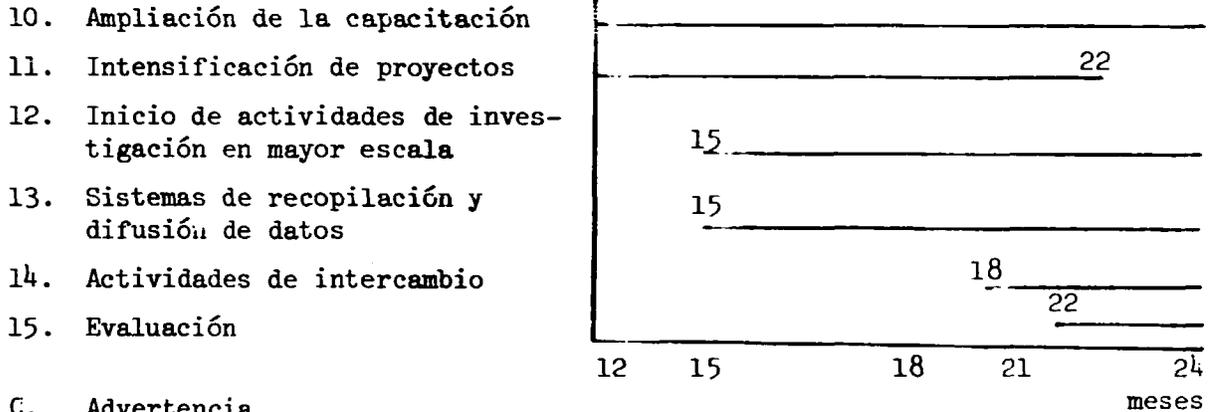
Fase I

1. Establecimiento de estructura
2. Capacitación inicial
3. Encuesta
4. Reuniones para la adopción de decisiones
5. Organización de la capacitación para el programa
6. Desarrollo de metodologías
7. Programas experimentales iniciales
8. Evaluación de la Fase I
9. Reunión



(Nota: los puntos 5, 6 y 7 tienen un alto grado de interacción)

Fase II



C. Advertencia

Para concluir, conviene hacer algunas observaciones. En primer lugar, este programa no tendrá éxito si se realiza con poco entusiasmo. Como será preciso un considerable desarrollo de capacidades, habrá de proporcionarse un alto grado de capacitación a personas que se cuentan entre las más competentes y calificadas de los países en desarrollo. En esta esfera, es fácil (y peligroso) dejarse engañar por la creencia de que basta una capacidad técnica superficial para emprender un programa. Este punto se refiere a la segunda observación. El programa debe basarse en una capacidad autosostenida y de crecimiento propio. De otro modo, los países en desarrollo se verán nuevamente reducidos a una situación de dependencia a medida que las tecnologías continúen progresando. Por último, y también en relación con lo anterior, debe reconocerse que si bien la ejecución de un programa en esta esfera requiere establecimiento de relaciones con las empresas proveedoras de tecnología de países del Norte, esto deberá hacerse sobre una base de beneficio mutuo cuidadosamente concebida y supervisada. Toda estrategia deberá considerar este aspecto de manera explícita.

APENDICE: APLICACIONES DE LOS MICROPROCESADORES EN LOS PAISES
EN DESARROLLO

Control de proceso industrial

Es ésta una esfera muy amplia que abarca, entre otras funciones, el ensayo de materiales, la supervisión del control de la calidad de piezas y de productos montados y terminados, la automatización de fases de fabricación en las fábricas, y el ensayo de montajes y productos. La apropiada aplicación de la tecnología de las microcomputadoras permite aumentar la competitividad del producto, desde el punto de vista de los costos, y mejorar su calidad.

A continuación se indican, a título de ejemplo, algunas de las muchas aplicaciones posibles:

1. En cada partida de hierro o acero producida, es necesario comprobar y corregir, en la fase de fusión, la cantidad de carbono, nitrógeno, azufre, y otros elementos. El equipo actualmente disponible para controlar con precisión la calidad del acero producido en las fundiciones de los países desarrollados es caro y difícil de manejar. Sin embargo, se puede desarrollar un sistema barato y más sencillo, a base de un microprocesador y de técnicas un poco menos precisas que respondan, no obstante, a las necesidades de los países en desarrollo que posean fundiciones.
2. En los países en desarrollo, el considerable porcentaje de plaquetas rechazadas constituye un problema en la fabricación de materiales electrónicos, pero el equipo de ensayo actualmente disponible es caro y de costoso mantenimiento. Como alternativa, se ha recurrido al empleo de un gran número de técnicos calificados para el control y reparación de dichas placas. Se han desarrollado unos aparatos de ensayo de funcionamiento a base de microprocesadores cuyo costo es tres veces inferior al de los aparatos de ensayo paramétrico, que podrían aplicarse en los países en desarrollo.
3. En todo proceso industrial químico o bioquímico, el microprocesador permite efectuar un control del proceso más preciso y continuo (en comparación con los procesos que requieren supervisión y control humanos), con lo cual pueden optimizarse localmente las operaciones en diversos puntos y etapas del proceso de fabricación, que luego pueden enlazarse para lograr un rendimiento total del proceso muy superior.

Energía

1. Sistemas basados en la utilización de energía solar, eólica, hidráulica y de calor de desecho. Las aplicaciones de los microprocesadores en esta esfera comprenden el control de la eficacia y de las condiciones meteorológicas, de manera que las necesidades subsidiarias de energía pueden estimarse antes de que se necesiten realmente. Los microprocesadores pueden encontrar muchas aplicaciones en estos sistemas energéticos y otros similares frecuentemente empleados a nivel de aldea en los países en desarrollo.

- a) Por ejemplo, los sistemas generadores de energía eléctrica a base de viento, agua, calor de recuperación, etc., propiedad del usuario, sólo pueden por lo común generar energía durante cierto tiempo o a potencia reducida, personal calificado, siendo necesaria una frecuente conexión y desconexión de energía procedente de una central, operaciones que, en unión de una constante vigilancia, están a cargo de personal calificado. Los controles por microprocesador posibilitan la sincronización de fases y voltajes con la central eléctrica, gracias a lo cual se evitan los cortes de energía entre el cese del suministro local y la conexión con la central; también permiten asignar cargas parciales a cada sistema, así como el suministro automático de electricidad a la red local.
 - b) Los pequeños sistemas generadores de las aldeas no tienen conexión de repartición de la demanda máxima de rejilla y, por lo tanto, deben disponer siempre de una gran capacidad de reserva conectada y lista para su empleo, método costoso y antieconómico, o sufrir frecuentes cortes de electricidad siempre que se registre en el sistema un consumo máximo inesperado. Un sistema basado en el empleo de un microprocesador puede controlar las cargas en cada lugar, distribuir las y cortar el suministro de energía a usuarios menos importantes, sobre una base prioritaria.
 - c) La generación de energía eléctrica requiere el empleo de motores de combustión interna o externa, cuyo rendimiento es inferior al 35%; dos tercios de la energía se descarga en la atmósfera como calor de desecho. Los sistemas basados en el empleo de microprocesadores podrían volver a captar, controlar y distribuir esta energía.
 - d) Molinos de viento. Se pueden utilizar los microprocesadores para controlar mucho más eficazmente el ángulo adoptado por las palas en respuesta a cambios de dirección de viento.
2. Combustibles fósiles. El consumo y rendimiento de los combustibles son dos aspectos importantes por sus repercusiones tecnológicas. Existen muchos sistemas basados en microprocesadores para controlar las condiciones y la mezcla con miras a un uso eficiente de la misma en los automóviles; para que puedan utilizarse en los automóviles combustibles de calidad inferior, etc. Sistemas de microprocesadores sumamente complejos controlan oleoductos y otros sistemas de distribución. El control de los motores para incrementar el rendimiento del combustible constituye otra importante aplicación de la tecnología de los microprocesadores.
 3. Energía nuclear. En este sector, el aspecto de la seguridad es la cuestión principal. La tecnología del microprocesador permite utilizar técnicas y controles "seguros". Gracias a ello, puede emplearse a personal menos calificado y mantenerse sin embargo un buen margen de seguridad.

Sistemas de transporte y productos

Las aplicaciones generales en este sector comprenden el control del rendimiento y del consumo de combustible, el control de redes ferroviarias, y de aeropuertos. A continuación se dan algunos ejemplos concretos:

1. Los trenes experimentan deficiencias y daños debido a diferencias de tracción de las diversas ruedas en la aceleración y el frenado. El problema puede resolverse mediante retroinformación de la tracción sobre cada eje controlada por microprocesador.
2. Los conductores novatos están expuestos a accidentes tales como chocar contra una pared al hacer marcha atrás con el camión, despeñarse con el tractor por un barranco, etc. En vista de ello, pueden desarrollarse dispositivos de señalización para advertir esos peligros inminentes.
3. El peligro del transporte acuático y de las actividades de pesca puede reducirse dotando a las embarcaciones de calculadores de profundidad que permitan conocer los cambios de ésta.

Productos que pueden utilizarse en los sectores de la agricultura, la industria lechera y la elaboración de alimentos.

1. En el riego, se utilizan microprocesadores para controlar aspersores, regular la temporización y el caudal de agua, y controlar las ruedas de los sistemas móviles a fin de que rieguen uniformemente una superficie determinada.
2. Para la recogida, manipulación, pasteurización y almacenamiento de la leche se requiere personal calificado, con objeto de que el producto sea inocuo con una tasa de deterioro reducida. En los países en desarrollo todavía escasea el personal calificado. Este problema puede paliarse utilizando microprocesadores en muchas fases del sistema de elaboración o pasteurización de la leche. Todas las funciones, incluidas la limpieza y la esterilización del sistema, pueden controlarse por medio de microprocesadores. La manipulación automática se emplea en los Estados Unidos, pero, por no haber incorporado la tecnología de los microprocesadores, no es adecuada en su forma actual para los países en desarrollo.
3. Los microprocesadores también pueden utilizarse para funciones de supervisión y control en el proceso de ordeño. Entre las tecnologías disponibles, figuran las siguientes:
 - a) Sensores de establo para controlar la aplicación de agua caliente a las ubres a fin de aumentar la producción de leche.
 - b) Sensores para medir la cantidad de leche y su riqueza durante el ordeño y cuando se proceda a su comercialización.
4. Prevención del deterioro de productos alimenticios durante su almacenamiento. El deterioro de cereales y otros alimentos, durante su transporte, almacenamiento y elaboración, es un problema constante, y cuya gravedad se acentúa en los países tropicales.

A continuación se indican varios ejemplos de posibles aplicaciones del microprocesador en esta importante esfera:

- a) Un elevado contenido de humedad es perjudicial para los cereales, y puede dificultar su elaboración aun cuando el deterioro no sea un factor importante. Mediante un aparato de ensayo controlado por microprocesador, incluso un usuario no calificado puede determinar previamente el grado de humedad. Los aparatos de ensayo de cereales actualmente en el mercado son difíciles de utilizar, caros y poco precisos, pues no tienen en cuenta todas las variables involucradas.
 - b) Cuando se almacenan grandes cantidades de cereales, éstos se pasan frecuentemente de un depósito a otro para impedir su recalentamiento, que ocasionaría su rápido deterioro. Ese traslado da lugar a una erosión del grano, lo que a su vez puede aumentar el deterioro. Por lo general, la operación de traslado se efectúa cuando el operario lo considera conveniente, o en base a las indicaciones térmicas de un termo-par colocado en los cereales, y que a menudo no son exactas. Un dispositivo de control basado en un microprocesador puede leer, almacenar, comparar con indicaciones anteriores y cambios de ambiente, y hacer que los cereales sean automáticamente trasladados. Las ventajas serían una abrasión y un deterioro mínimos del cereal, así como un consumo mínimo de energía al ser trasladado de un depósito a otro.
 - c) Los recipientes metálicos utilizados para el almacenamiento de alimentos deben estar revestidos interiormente con un barniz de plástico o esmalte. Debe comprobarse la integridad del revestimiento antes de llenar el recipiente, a fin de evitar deterioros. En los Estados Unidos se están desarrollando unos aparatos de ensayo automáticos que utilizan microprocesadores. Es necesario un comprobador de esmaltes sencillo y fácil de utilizar que pueda emplearse, o tal vez fabricarse en el extranjero.
5. Verificación y control del proceso y de la calidad de los alimentos. Procesos tales como la pasteurización, el enlatado y la cocción ya se benefician de la tecnología de los microprocesadores, que permite una mejor calidad y unos rendimientos más uniformes. Funciones tales como la temperatura, la determinación de tiempos, y el contenido de humedad pueden verificarse y controlarse de forma relativamente sencilla. Probablemente esto será de importancia crítica para ciertas aplicaciones de la biotecnología, como los procesos de fermentación.
 6. También pueden desarrollarse aparatos de ensayo para determinar la calidad de productos llevados al mercado (el caso de la leche ya se ha mencionado; la determinación del contenido de humedad del arroz es otra aplicación) y poder calcular después los precios que deban pagarse.
 7. Pueden utilizarse sistemas de control que permitan controlar parámetros críticos del agua en los estanques destinados a la cría de peces, a fin de aumentar los rendimientos.

Productos que pueden contribuir a mejorar los servicios sanitarios y médicos.

La automatización de muchas funciones sanitarias y médicas, ya posible gracias a la actual tecnología de los microprocesadores, permite un empleo más eficaz del personal médico capacitado y conseguir importantes ahorros en los costos. Dicha tecnología puede ofrecer servicios muy especializados incluso en zonas donde haya escasez de personal capacitado. La automatización basada en los microprocesadores sería adecuada para los países en desarrollo en las siguientes esferas:

1. Vigilancia y examen del paciente. Determinación de la presión sanguínea, respiración, temperatura y ritmo del pulso mediante un sensor colocado en un dedo; vigilancia cardíaca mediante un pequeño dispositivo aplicado al pecho; análisis de sangre; dispositivos de vigilancia del feto por ondas ultrasonoras.
2. Control de equipo para la conservación de la vida y de otra índole. Máquinas para el corazón y los pulmones, aparatos de respiración artificial y sillas de ruedas.
3. Automatización de equipo clínico de laboratorio. Análisis de sangre en atmósfera inerte, parámetros de hematología, química de la sangre, parámetros cardíacos. Equipo de mejora de los rayos X para facilitar la lectura de las imágenes de rayos X.
4. Desarrollo de prótesis auditivas de bajo costo.

Productos para mejorar las comunicaciones y la enseñanza

Esta esfera encierra enormes posibilidades, apenas aprovechadas aún por los países en desarrollo. El microprocesador hace posible el desarrollo de redes de información de bajo costo que pueden proporcionar sistemas de comunicación de acceso interactivo y aleatorio, gracias a los cuales pueden mejorarse enormemente los métodos de enseñanza, y asimismo una variedad de otras redes mejoradas basadas en la información. Los adelantos de la microelectrónica también han posibilitado sistemas y equipo de telecomunicaciones más eficaces, más fiables y menos costosos, así como procesos de impresión más fáciles de realizar y más baratos.

