



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.

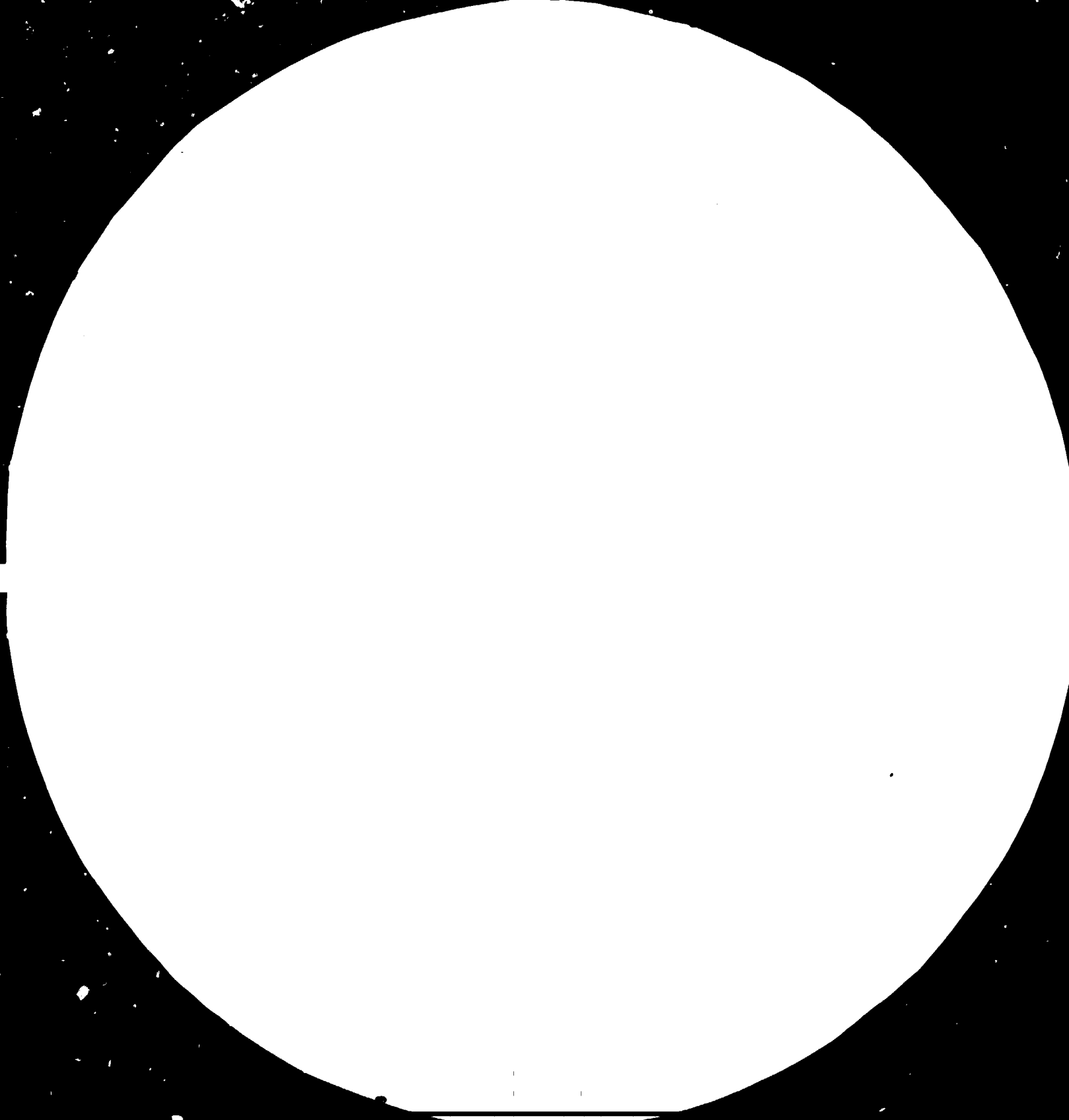
FAIR USE POLICY

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





MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)



14616-5



Distr. LIMITADA

ID/WG.440/5

7 mayo 1985

Original: ESPAÑOL

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Reunión Regional para el Establecimiento de
una Red de Microelectrónica en la
Región de la CEPAL*
Caracas, Venezuela, 3 a 7 de junio de 1985

INVESTIGACION Y DESARROLLO EN MICROELECTRONICA EN
ARGENTINA, BRASIL, MEXICO Y VENEZUELA**

preparado por

Guillermo Fernández de la Garza***
Consultor de la ONUDI

* Copatrocinada por SELA/CEPAL

** Las opiniones que el autor expresa en este documento no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI. El presente documento no ha pasado por los servicios de edición.

*** Director Ejecutivo del Instituto de Investigaciones Eléctricas,
México, D.F., México.

V.85-25/33

3365

2-3104.

Indice

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| Introducción | 1 |
| Investigación y Desarrollo en Microelectronica en Argentina | 4 |
| Investigación y Desarrollo en Microelectronica en Brasil | 10 |
| Investigación y Desarrollo en Microelectronica en Mexico | 18 |
| Investigación y Desarrollo en Microelectronica en Venezuela | 24 |
| Cooperación Regional en Investigación y Desarrollo Sobre Microelectronica | 31 |

INTRODUCCION

En los cuatro países analizados hay una clara conciencia del papel que juega la investigación y el desarrollo tecnológico en la industria electrónica y en particular en la microelectrónica. Se reconoce que se trata de un campo industrial con alto riesgo en donde aun para poder utilizar adecuadamente la tecnología desarrollada en otros países es necesario contar con capacidad local de investigación y desarrollo; capacidad todavía más necesaria cuando se trata de desarrollar localmente la tecnología que no sea posible conseguir del extranjero en condiciones adecuadas; por ejemplo, cuando se trata de fabricar productos estratégicos para el mercado interno, o productos para exportación.

Se reconoce también la importancia de la formación y actualización adecuada de los recursos humanos como un elemento indispensable de una estrategia de investigación y desarrollo en este campo, así como la necesidad de apoyar los grupos de las instituciones de enseñanza superior que pueden contribuir más a la formación de estos recursos.

Considerando el dinamismo de esta industria, en los cuatro países se busca facilitar al máximo la interacción producción-investigación, facilitando la colaboración entre los grupos de investigación y la industria, e inclusive la formación de grupos de investigación dentro de esta última .

En todos los países se percibe ya el importante papel que pueden jugar como empresarios y/o promotores de la innovación en la industria los investigadores que dominan tecnologías específicas y que dejan los grupos de investigación para iniciar empresas o integrarse a empresas existentes. Parece ser éste un medio para

apoyar una buena transferencia de tecnología y para favorecer la colaboración entre los grupos de investigación y la industria.

En los cuatro países se cuenta con medios para financiar proyectos de investigación con objetivos de mediano plazo a través de organismos gubernamentales que promueven la investigación y el desarrollo tecnológico y también con mecanismos para financiar proyectos de interés inmediato de la industria que impliquen desarrollos innovadores.

La infraestructura de investigación y desarrollo de los cuatro países se caracteriza por varios elementos comunes, como la existencia de grupos de electrónica en institutos enfocados a sectores específicos, como telecomunicaciones, petróleo, electricidad, etc.; grupos que trabajan en microelectrónica en instituciones de enseñanza superior; actividades de investigación y desarrollo con diferentes niveles de madurez en las empresas electrónicas más dinámicas. Se aprecia también diferencias importantes, como es el hecho de que Brasil cuente ya con un Centro de Tecnología Informática que incluye, entre otros, a un Instituto de Investigaciones en Microelectrónica, lo que le da una infraestructura especializada con una excelente capacidad científico-tecnológica y un enfoque industrial poco común en América Latina.

En la misma línea, aunque con recursos no tan importantes como en Brasil, Argentina cuenta con el CENICE (Centro Nacional de Investigación en Componentes Electrónicas), dentro del esquema global de CITEFA (Centro de Investigaciones Tecnológicas de las Fuerzas Armadas), también con una importante infraestructura, con planes bien definidos y una orientación industrial. Venezuela y México no cuentan con este tipo de instituciones dedicadas específicamente a la investigación microelectrónica con un enfoque industrial, aunque la Fundación Instituto de Ingeniería en Venezuela cuenta ya con un grupo que puede realizar estas funciones y en México se está organizando, con apoyo del Gobierno y de la industria, un Centro de Apoyo Tecnológico a la Industria Electrónica, que pudiera de-

sempeñar funciones parecidas.

Por lo que se refiere a planes y políticas para la investigación y el desarrollo tecnológico en microelectrónica, se aprecia en los cuatro países un gran interés y diferentes niveles de definición. Brasil es sin duda el país que cuenta con planes, programas y políticas mejor definidos, con un amplio respaldo político e institucional y con los mecanismos adecuados para obtener los resultados que busca. En Argentina se está trabajando aceleradamente con estos mismos fines y se aprecia ya resultados importantes en cuanto a : diagnósticos de la situación actual; mecanismos para definir programas y proyectos con la industria; planteamientos específicos para reforzar la infraestructura de investigación y desarrollo en microelectrónica; por ejemplo, en cuanto a recursos humanos, y una definición bastante detallada de objetivos nacionales en este campo.

En Venezuela y México se percibe una tendencia muy clara a la definición cada vez más precisa de políticas y planes para promover la microelectrónica, tanto en sus aspectos industriales como en los de investigación y desarrollo. La realización del I Simposio de Electrónica en Venezuela, con el apoyo del gobierno, la industria, las universidades e institutos de investigación, estableció bases para una política de gran alcance. En México, las acciones de diferentes órganos del gobierno y el dinamismo de la industria y de las instituciones de investigación, también permite prever que en poco tiempo habrá una política nacional en la materia.

En resumen, podría concluirse que en los cuatro países existen bases sólidas para apoyar un desarrollo acelerado de las actividades de investigación y desarrollo en microelectrónica.

INVESTIGACION Y DESARROLLO EN MICROELECTRONICA EN ARGENTINA

Argentina es un país con una importante infraestructura científica y tecnológica, con un nivel de educación muy alto y con un gran potencial para desarrollar e industrializar avances tecnológicos en microelectrónica. Después de haber atravesado por un período de "desindustrialización" en el que muchas empresas cerraron o fueron absorbidas por empresas extranjeras, la nueva política industrial está dando especial atención a sectores como la informática, las telecomunicaciones, la microelectrónica y la electrónica en general, por su dinamismo y porque se pueden integrar a una estrategia que permita impulsar un incremento en la eficiencia de todo el aparato productivo, a la vez que estimule las exportaciones, la sustitución de importaciones y el desarrollo tecnológico del país.

Los primeros intentos en microelectrónica se iniciaron en Argentina en los años sesentas y para 1974 ya se trabajaba en el desarrollo de transistores planares de silicio en el grupo de microelectrónica de CITEFA (Centro de Investigación Tecnológica de las Fuerzas Armadas). Este grupo se integró al CENICE (Centro Nacional de Investigación en Componentes Electrónicas) cuando éste se creó en 1977, con el apoyo de las instituciones estatales que representan los sectores de ciencia y tecnología, industria y defensa. El CENICE se ha convertido en una organización capaz de producir dispositivos tales como circuitos híbridos de alta calidad, con capacidad para asesorar a la industria y al gobierno en relación con el diseño y fabricación de componentes microelectrónicas y de realizar directamente pruebas y desarrollos tecnológicos en este campo.

La Secretaría de Ciencia y Técnica coordina el programa nacional de electrónica, establecido hace más de diez años. Este programa ha canalizado apoyos a grupos de investigación y ha permitido orientar su trabajo para que responda a prioridades nacionales

y se evite duplicaciones innecesarias.

Las actividades de investigación y desarrollo en microelectrónica son llevadas a cabo en un gran número de grupos de las universidades y centros de investigación. Cabe señalar aquí a las universidades de : Buenos Aires, La Plata, El Litoral, Córdoba, Tucumán, Cuyo, del Sur, e instituciones como el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), el Centro Atómico de Bariloche, los Laboratorios Nacionales de Telecomunicaciones - (LANTEL), el propio CENICE y otros grupos de CITEFA.

Se estima que en todos estos grupos hay más de 1000 profesionales - la mayoría ingenieros electrónicos- que comprenden investigadores, personal de apoyo y becarios en áreas de desarrollo o aplicación de la microelectrónica (sin incluir los que trabajan en software).

También se aprecia en la Argentina un alto grado de madurez en la definición de una política nacional en microelectrónica. El informe de la Comisión Nacional de Informática, que en su versión para discusión está fechado en octubre de 1984, presenta una descripción clara del Proyecto Nacional Estratégico en este campo, reflejando la importancia que el gobierno argentino le está dando al campo conjunto de informática, telecomunicaciones y electrónica y señalando acciones específicas en materia industrial, tecnológica, legislativa y de formación de recursos humanos para impulsarlo.

La Comisión Nacional de Informática se creó con el nuevo gobierno y en ella participan los Secretarios de Ciencia y Técnica, de Industria, de Comunicaciones y de Función Pública. Es pues un órgano del más alto nivel que responde a la importancia que el actual gobierno está dando a este campo. En el informe de la comisión, la tecnología y la investigación juegan un papel muy impor-

tante. Se hace notar que es precisamente la capacidad tecnológica de las empresas, sumada a la de las instituciones de investigación que las apoyan, lo que determina la competitividad y el potencial de desarrollo de la industria.

Se reconoce la necesidad de adquirir y asimilar tecnología de todo el mundo siempre y cuando se logre una asimilación adecuada con el apoyo de investigación y desarrollo estrechamente relacionados con la práctica industrial. Se hace notar también la importancia de la formación de recursos humanos con la preparación y orientación adecuadas, partiendo de buenas escuelas de ingeniería y ciencias, y considerando la participación en actividades de investigación y desarrollo como un nivel avanzado de preparación de los especialistas.

El informe en cuestión destaca algunas características de la tecnología microelectrónica que la hacen especialmente interesante para un país como la Argentina. Señala, por ejemplo, que es una tecnología que se ha difundido mucho y que está relativamente accesible. Los avances en circuitos altamente integrados, en herramientas de diseño y en procesos de fabricación, por ejemplo, pueden adquirirse internacionalmente, en su mayoría, gracias a la competencia entre los proveedores de los mismos. Los mercados nacionales presentan grandes oportunidades si se logra desarrollos competitivos, y con capacidad tecnológica adecuada se puede penetrar a "nichos" del mercado mundial.

Se reconoce que las industrias asociadas a la microelectrónica son de alto riesgo y en donde las barreras tecnológicas constituyen el principal problema para lograr independencia de acción y un verdadero desarrollo propio. Esto hace prioritario el contar con desarrollo tecnológico local que apoye a las empresas a romper barreras, disminuir riesgos y seguir estrategias propias. Se hace notar la "nula apropiabilidad de los resultados de las inversiones en investigación", como un fenómeno especial de este sector, en el que

existe una gran movilidad de los especialistas, frecuentemente en la dirección de iniciar industrias propias o de participar en nuevas empresas en las que estos especialistas resultan esenciales. Esto lleva a la conclusión de que corresponde a los gobiernos impulsar el desarrollo de la infraestructura de investigación en este campo, a sabiendas de que muchos de los investigadores van a llevarse conocimientos clave para la industria.

Por lo que se refiere al desarrollo industrial, el informe señala la necesidad de fomentar una industria innovadora, independiente y competitiva, que sea el "vehículo de la asimilación y desarrollo local de la tecnología". Se indica también criterios relacionados con la tecnología para la identificación de las áreas en las que se busque oportunidades industriales: tecnología accesible, apta para escalas de producción alcanzables, intensiva en tecnología nacional, con insumos tecnológicos externos que vayan haciéndose accesibles, ligadas a procesos flexibles, que no requieran inversiones grandes y que permitan la subcontratación de componentes y la integración nacional.

En cuanto a investigación y desarrollo, se propone invertir el 5% de las ventas, promover la colaboración entre las empresas y los grupos de investigación y aprovechar también la capacidad de investigación para servicios, tales como: normalización, homologación, control de calidad, pruebas y ensayos, asesoría y apoyo para adquisición de materiales y equipos, apoyo a la desgregación de paquetes y a la transferencia de tecnología, servicios de información y seguimiento de tendencias mundiales en el campo. Un aspecto importante es la recomendación que se hace de revisar los criterios de evaluación de investigadores del CONICET. Existe el problema de que los mecanismos previstos para las evaluaciones no han sido creados de acuerdo con las características de la investigación tecnológica, sino con las de la ciencia básica pura. Se hace notar que en el "dominio tecnológico", el concepto de originalidad no debería aplicarse en el sentido absoluto tradicional,

sino observando que en muchos casos se puede necesitar generar conocimientos que ya se tiene en otros países, pero que por sus características no se dispone en la Argentina, como es el caso de algunos procesos de microelectrónica. Se recomienda valorar la aplicabilidad de los resultados y también los trabajos de apoyo a la transferencia de tecnología, que a veces se confunde con ingeniería rutinaria que atenta contra la investigación.

En cuanto a la formación de técnicos y especialistas, se reconoce la importancia de lograr altas calificaciones profesionales y técnicas, para lo que se deberá impulsar la formación de docentes en ambientes de investigación y en contacto con la red mundial en la que se desarrolla los nuevos conceptos. Se considera que así logrará transmitir el espíritu de investigación y búsqueda que requieren los egresados.

Se propone que la promoción de nuevos desarrollos incluya áreas escogidas de los siguientes subsectores: equipos de procesamiento de datos; telecomunicaciones (conmutación, transmisión), equipamiento electrónico para oficina, electrónica industrial (control de procesos, electromedicina, instrumentación automática, robótica), componentes electrónicos. Se hace especial mención a la importancia del desarrollo de software, partiendo de la formación de especialistas y del desarrollo de herramientas. En microelectrónica se propone crear capacidad para el diseño de microcomponentes integrados ("chips") "a medida" y "semimedida" a fin de aprovechar las facilidades de la producción por encargo en "fundiciones de silicio". Dentro del subprograma de microelectrónica y componentes del Programa Nacional de Electrónica se propone:

1. Recomendar la investigación científico-tecnológica en silicio amorfo, poli y monocristalino, tendiente a la concepción, diseño, obtención y confiabilidad de circuitos integrados (CI)

2. Disponer de capacidad para el desarrollo de CI en silicio de tipo MOS de diseño específico, sin perjuicio de fomentar las tareas de estudio y obtención de otros CI
3. Recomendar la investigación científico-tecnológica en semiconductores complementarios del silicio para el desarrollo de dispositivos de variada complejidad y sus aplicaciones en electrónica, optoelectrónica, detectores, microondas, etc.
4. Desarrollar tecnologías de componentes electrónicos que complementan las tareas citadas en 1, 2 y 3, tales como: capacitores, resistores de película fina, fuente de energía de tamaño reducido, cerámicas aisladoras, filtros monolíticos cerámicos, etc.
5. Desarrollar las tecnologías de los sistemas que emplean los componentes antes citados.
6. Mantener la capacidad adecuada para el estudio de problemas fundamentales o básicos relacionados con los temas señalados anteriormente.

A la luz de esta breve reseña, es notorio que la Argentina está considerando la microelectrónica como un área prioritaria para sus estrategias de fomento industrial y de investigación y desarrollo. Es indudable que en los próximos años Argentina tendrá un avance muy importante en este campo, con los consiguientes efectos sobre las actividades regionales en las que Argentina ha mostrado especial interés.

INVESTIGACION Y DESARROLLO EN MICROELECTRONICA EN BRASIL

La estrategia del Brasil en investigación y desarrollo en microelectrónica está basada en el reconocimiento de la importancia de este campo como medio para facilitar la competitividad y la capacidad de innovación en las diferentes ramas de la electrónica.

Se considera que la capacidad que se tenga en diseño y fabricación de circuitos impresos, híbridos e integrados, de diferentes niveles de complejidad, así como de otro tipo de componentes electrónicas, constituye el elemento más importante en la competitividad de la industria electrónica.

La microelectrónica está recibiendo un fuerte impulso dentro de la estrategia informática del país; el programa de microelectrónica se elaboró con el apoyo de la Secretaría de Estado para la Informática (SEI), coordinadamente con TELEBRAS, FINEP y otros organismos. El Instituto de Microelectrónica es parte del Centro de Tecnología Informática recientemente creado. Por todo esto es necesario empezar analizando los planes y políticas del Brasil en informática para ubicar lo que se está haciendo en microelectrónica.

Se aprecia actualmente en Brasil que en las empresas usuarias de equipo electrónico, como TELEBRAS, y también en las que están produciendo dichos equipos, como el grupo ITAU, se está desarrollando grupos de diseño, y en algunos casos también de fabricación de circuitos integrados. Esta es una muestra del nivel de avance tecnológico que tiene la industria de este país y de la demanda que se está generando de investigación y desarrollo en este campo.

Hay otras industrias, como AEGIS y Heliodinámica, que fabrican diodos de potencia y celdas solares, respectivamente, que también utilizan tecnologías de semiconductores desarrolladas en Brasil y

muestran la excelente interacción que se está logrando entre los grupos de investigación y la industria.

Muchos de estos resultados se basan en trabajos de investigación y desarrollo iniciados hace más de 15 años en universidades como las de Sao Paulo y Campinas. Se encuentra también que muchos de los promotores de las nuevas empresas o los líderes técnicos de los grupos industriales y de los nuevos institutos de investigación se formaron en los centros de investigación universitarios. Todo esto acredita el valor y la importancia del apoyo sostenido que se ha dado a la investigación científica y tecnológica en Brasil por más de una década.

A partir del establecimiento de la Política Brasileña en Informática y del Instituto de Microelectrónica en el Centro de Tecnología Informática, se cuenta con bases más sólidas para impulsar estas actividades. El nuevo mercado de equipos informáticos que abre la PBI está ampliando la demanda en microelectrónica impulsando la investigación asociada. La infraestructura del Instituto de Microelectrónica está permitiendo avances importantes en herramientas de diseño y tecnologías de fabricación de circuitos y constituye un gran apoyo para que otros grupos de investigación puedan contar con herramientas de diseño poderosas que a nivel de cada grupo difícilmente se justifica, y con asesoría y servicios para realizar sus prototipos.

La coordinación que se ha logrado en Brasil entre organismos como la Secretaría de Estado para la Informática (SEI), la TELEBRAS y el FINEP (Fondo para Financiamiento de Proyectos de Investigación) permitió que se integrara un programa de microelectrónica que establece temas específicos y prioridades para los proyectos de investigación. Para elaborar este programa se constituyó un Consejo Técnico Consultivo presidido por el Director del Instituto de Microelectrónica del CTI, formado por especialistas seleccionados individualmente.

En estas bases los centros de investigación pueden orientar el desarrollo de su infraestructura y presentar propuestas para proyectos que, además de ser relevantes, se puede coordinar y complementar con los que realicen otras instituciones.

Es pues indudable que Brasil cuenta y con los instrumentos, las políticas y la demanda para realizar un ambicioso programa de investigación y desarrollo en microelectrónica.

El programa brasileño de investigación y desarrollo en microelectrónica tiene objetivos muy amplios, buscando que el país cuente con la capacidad mínima indispensable para no depender de suministros estratégicos del extranjero y para maximizar la competitividad de la industria brasileña en este campo.

Las áreas prioritarias dentro del programa incluyen:

- 1 - La capacidad de diseño de circuitos integrados, considerado: "Semi y Full-Custom"; estrategias y técnicas de diseño; diseño para facilitar pruebas; herramientas de diseño, "Lay-Out", simulación y prueba; modelos de dispositivos.
- 2 - Capacidad científico-tecnológica necesaria para los procesos de fabricación de circuitos integrados, incluyendo: Preparación de sustratos y sus propiedades físicas; oxidación térmica; depósito térmico de dopantes; implantación iónica; metalización; orinitratos; máscaras; litografía; corrosión de materiales; procesos de limpieza química; encapsulamiento; equipo para procesos; métodos y dispositivos para caracterización de procesos; modelos de procesos, etc.
- 3 - Aplicaciones de nuevos materiales; procesos y nuevas estructuras en microelectrónica.

- 4 - Insumos básicos para microelectrónica; materiales semiconductores; productos químicos; material para fotolitografía y encapsulamiento; metales, gases, etc.
- 5 - Técnicas de medición para microelectrónica; caracterización de materiales para sustratos y películas conductoras; caracterización de etapas de procesos y dispositivos; características de circuitos integrados; pruebas eléctricas, etc.

Este programa de investigación y desarrollo está basado en la coordinación entre la industria, los grupos de investigación, la formación de especialistas y los organismos gubernamentales correspondientes. Esta coordinación resulta fundamental si se quiere asegurar que la investigación esté bien orientada, que cuente con el apoyo gubernamental adecuado y que contribuya a la formación de especialistas. Cabe agregar que uno de los aspectos prioritarios de la política tecnológica de Brasil en microelectrónica es asegurar la formación de especialistas para las diferentes áreas de conocimientos que se requiere. Para ello se busca impulsar la formación de ingenieros, científicos y técnicos a través de un mayor apoyo a las escuelas y universidades, que incluya el dotarlas de mejor infraestructura y buenos salarios para el cuerpo docente y de investigación. Un mecanismo adecuado para ello es el financiamiento de proyectos seleccionados por su calidad y relevancia, que permita pagar sobresueldos hasta de un 50% a los investigadores universitarios y dotarlos de los elementos de trabajo necesarios.

Cabe agregar, a manera de síntesis, que los programas brasileños de investigación y desarrollo en microelectrónica presentan características innovadoras muy importantes y que en muchos aspectos pueden orientar e inspirar las actividades del mismo tipo de otros países.

A partir de la creación en 1976 de la Política Nacional de Informática (PNI), Brasil ha contado con medios para formular un Programa de Investigación y Desarrollo en Informática de gran alcance y estrechamente ligado al desarrollo del país.

La Secretaría de Estado para la Informática (SEI) -creada en 1979- ha promovido la demanda de investigación y desarrollo a través de medidas enfocadas a impulsar el desarrollo de la industria informática brasileña, incluyendo hardware, software, componentes y equipos periféricos y de apoyo a la aplicación de la informática.

La infraestructura de investigación y desarrollo brasileña es muy amplia, ya que incluye grupos de investigación muy fuertes en universidades como las de Sao Paulo y Campinas, e institutos de investigación enfocados a sectores específicos como petróleo, electricidad, aeronáutica, etc. En la mayoría de estos grupos ha habido avances importantes en informática, sobre todo en software para aplicaciones específicas.

La industria brasileña ha respondido favorablemente la política nacional de informática, desarrollando productos con tecnología propia que atienden a más del 45% del mercado, con productos que tienen niveles muy altos de integración nacional: 95% para la unidad central, el teclado y el monitor de las microcomputadoras, por ejemplo, o como las minicomputadoras Cobra 500, que alcanza el 97% y fue totalmente diseñada en el Brasil.

Una premisa fundamental del Programa Nacional de Informática del Brasil es asegurar la capacidad tecnológica de la industria del sector, utilizando "el mecanismo de reserva del mercado para crear condiciones de desarrollo de tecnología nacional". Se le pide a la industria que para operar utilice tecnología propia. Los acuerdos para usar tecnología extranjera deben ser transitorios y con la seguridad de que sirvan para desarrollar capacidad local.

Los resultados han sido impactantes; el desarrollo de tecnología propia está permitiendo cubrir una parte cada vez mayor del mercado interno con productos competitivos internacionalmente, generar más empleos (110% más que las multinacionales para 1983), no sólo para obreros, sino también para ingenieros e investigadores; aumentar a niveles del 90% la integración nacional y dar bases para que se exporte productos informáticos. La experiencia previa brasileña en las industrias aeronáuticas y de material bélico confirman que la autonomía tecnológica es un requisito previo indispensable para exportar productos en un sector de tecnología avanzada como el de la informática.

Frecuentemente se ha atacado la Política Informática del Brasil bajo el supuesto de que condena al país a poseer una tecnología de "tercera calidad". La verdad es que por lo que se refiere a hardware de microcomputadoras, los equipos brasileños utilizan los circuitos integrados más avanzados y están al parejo con los de otros países, gracias al esfuerzo de investigación y desarrollo local. Los rezagos presentados en "periféricos", por debilidades tecnológicas en mecánica de precisión, están siendo superados con los nuevos modelos de impresoras, unidades de disco y discos sellados. Por lo que se refiere al software, Brasil cuenta con más de 83,000 profesionistas dedicados a su desarrollo y aún el software "básico" como sistemas operativos y lenguaje, se ha desarrollado por grupos de las universidades.

Las actividades de investigación y desarrollo de la industria, de las universidades y de los institutos sectoriales en este campo, serán apoyadas desde el nuevo Centro de Tecnología Informática (CTI) que, a través de su Instituto de Computación, colaborará en varias áreas; por ejemplo en el desarrollo de software básico, como: compiladores, sistemas operativos, editores, herramientas para facilitar y automatizar el desarrollo de software.

El mismo Instituto de Computación desarrolla interfases para acoplar periféricos brasileños con máquinas grandes extranjeras; apoya el desarrollo de software aplicado a sectores específicos, como medicina; desarrolla normas y mecanismos de certificación para equipos y programas; certifica desde el punto de vista técnico los planes de integración de la industria y ayuda a identificar y aprovechar nuevas oportunidades de integración o de nacionalización. Apoya también el análisis de las solicitudes de pedimentos de importación y está desarrollando laboratorios para el estudio de fenómenos que afectan la vida o el funcionamiento de los equipos, tales como: tolerancia a variaciones de la alimentación eléctrica; inducción electromagnética; vida de componentes, tarjetas y equipos completos.

El mismo Centro de Tecnología Informática cuenta con un Instituto de Microelectrónica, del que se habla en el capítulo correspondiente de este documento, e institutos de Automatización y de Instrumentación. El de Automatización tiene tres departamentos: Control de Procesos, Automatización de Manufactura e Ingeniería Avanzada; realiza proyectos con la industria, por ejemplo: Sistema de Control de Hornos de Aluminio; trabaja con CAD-CAM con empresas de manufactura y realiza desarrollos, por ejemplo, con control distribuido. El de Instrumentación también tiene tres grupos: sensores y actuadores; mantenimiento de instrumentos (medico-hospitalario principalmente); y normas. Este Instituto trabaja en el desarrollo, por ejemplo, de procedimientos de certificación (que luego transfiere a otros institutos). Colabora con el Instituto Nacional de Metrología y con los UL de EU para certificar exportaciones; también colabora con la industria en el diseño e instalación de sistemas de medición para control de calidad, por ejemplo, de circuitos impresos; y dentro de otras funciones de apoyo a la fabricación de dispositivos y componentes, colabora con la SEI en los estudios para promover la sustitución de importaciones, por ejemplo, de motores de pasos que se utiliza en los equipos periféricos, de materiales especiales y otros.

El Centro de Tecnología Informática colabora estrechamente con la industria para impulsar la fabricación de productos que sustituyan importaciones y para adecuarlos a las necesidades, los materiales y las posibilidades de fabricación del país.

INVESTIGACION Y DESARROLLO EN MICROELECTRONICA EN MEXICO

El Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico y Científico de México da especial prioridad a la electrónica, por su importancia en el cambio estructural que se pretende dar a la industria nacional. Se reconoce que siendo la electrónica una actividad basada en tecnología avanzada, resulta indispensable impulsar las actividades de investigación, desarrollo, formación de recursos humanos y servicios técnicos que la apoyen. Para este fin el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología tiene un programa específico a través del cual se canaliza recursos para apoyar la infraestructura de las instituciones de investigación y para financiar proyectos.

En otras áreas del Gobierno se está dando también especial importancia a la electrónica y a las actividades asociadas de investigación y desarrollo. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes está promoviendo las actividades de investigación en telecomunicaciones y creando un instituto nacional en este campo, que dará mayor proyección a las tareas que ya venía realizando el Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones (CIDET) dentro de la propia Secretaría. Este nuevo instituto, creado como organismo independiente, tendrá mayor flexibilidad de operación, mejores condiciones para integrar, desarrollar y retener personal de alto nivel y más apoyo para orientarse a las necesidades de mediano plazo del país. La misma Secretaría está impulsando las actividades de investigación de las universidades y de la industria de telecomunicaciones a través de su recientemente creada Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Las actividades están orientadas de acuerdo con las prioridades del Programa Nacional en esta materia, que incluyen: la modernización y ampliación de la Red Federal de Microondas; la comunicación vía Satélite; la digitalización de la red telefónica

y su uso integral para voz, video y transmisión de datos y la comunicación radiomarítima, entre otras.

La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial es la responsable de los programas de fabricación nacional en el área de electrónica y ha dado especial atención al subsector de computadoras y periféricos. Antes de 1981 la mayoría de estos equipos eran importados; entre 1981 y 1983 fueron aprobados 42 programas de fabricación nacional, de los cuales 20 fueron para microcomputadoras, 12 para minis, 17 para equipos periféricos y 4 para sistemas de control. A la fecha hay cerca de 80 programas registrados. La Secretaría promueve los esfuerzos de investigación y desarrollo de estas empresas, señalando explícitamente que deben dedicar a estas tareas no menos del 5% de sus ventas; se da prioridad a la contratación de proyectos con instituciones de investigación independientes, con el objeto de multiplicar y fortalecer la capacidad tecnológica nacional.

La Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal está dando especial importancia a la electrónica como medio para promover la aceleración del cambio tecnológico y la modernización de muchas de las industrias en su esfera de acción. También la considera esencial como un área en la que se puede utilizar el poder de compra y la capacidad de investigación y desarrollo del sector paraestatal para impulsar la creación y el desarrollo de empresas electrónicas innovadoras, competitivas internacionalmente y con un efecto importante en la integración vertical del país hacia componentes y materiales. El Centro de Evaluación de Proyectos de esta Secretaría preparó recientemente un documento que presenta un diagnóstico con señalamientos y recomendaciones de lo que se puede hacer en este campo, que nuevamente destaca la importancia de la infraestructura científico-tecnológica asociada. En particular indica: "La materialización de los objetivos trazados depende, de manera fundamental, de que se realice en forma organizada un gran esfuerzo en los renglones de investigación, desarrollo y formación de recursos humanos".

La Secretaría se apoya en las actividades de los institutos que tiene sectorializados, como los de petróleo, electricidad, siderurgia e investigaciones nucleares, en donde se realiza actividades en electrónica enfocadas a aplicaciones específicas y se desarrolla también herramientas de diseño y de apoyo a la fabricación de equipos y circuitos. La Secretaría también ha propuesto la posibilidad de organizar un nuevo centro de investigación en electrónica, que pudiera iniciarse con actividades de servicio a la industria electrónica y que recoge las ideas de iniciativas parecidas hechas anteriormente por la industria y la comunidad profesional electrónica.

En el pasado, la investigación que se ha realizado en electrónica en las instituciones educativas de acuerdo con un diagnóstico del CONACYT: "se ha venido realizando en forma desordenada y sin objetivos precisos"... "no es difícil encontrar aparición y desaparición de líneas de investigación por el hecho de encontrarse sustentadas en base a personalidades y no en verdaderos planes maestros que determinen una prioridad tan clara, que por cualquier medio la institución se vea obligada a importar de donde sea el material humano que impida que se trunquen dichas líneas"... "no se ha logrado todavía un nivel adecuado de transferencia de tecnología entre investigaciones realizadas en instituciones educativas especializadas y el sector productor de bienes y servicios".

Esta situación tiende a cambiar, sobre todo en las instituciones de investigación independientes, en donde ya se ha dado más de 20 desarrollos en electrónica relativamente importantes, dentro de líneas de prioridad bien definidas y que ya están produciendo y comercializando diversas industrias.

Los principales grupos de investigación y desarrollo en electrónica son:

En telecomunicaciones participan fuertemente el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) con su Departamento de Ingeniería Eléctrica (Centrales telefónicas rurales, manuales y automáticas, probadores de modems, redes para telemedición, supervisión y enlace por microondas). La Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) de Azcapotzalco (Conmutadores telefónicos privados, centrales telegráficas automáticas).

El Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) (Radiotelefonía, planeación de redes, conmutación digital para telefonía rural) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (Conmutador telefónico automático reconfigurable, Modems).

El CIDET (Metrología, normalización, homologación, equipos y sistemas de microonda y de transmisión de datos).

Teléfonos de México (TELMEX) (Central automática rural digital, detección de fallas en cabinas telefónicas, tasador de llamadas de larga distancia, detector de fallas en línea de larga distancia, detector de alarmas)

El Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) (Unidades terminales remotas)

INDETELEC (Conmutadores para centrales telefónicas, teléfonos, sistemas para telefonía rural con radios digitales, equipos de microondas)

Algunas industrias privadas pequeñas en el área de conmutadores telefónicos y modems

En instrumentación ha realizado proyectos la UNAM a través del Centro de Instrumentos (Fuentes de poder, fuentes de alimentación,

equipo de medición y prueba), el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (equipo de medición) y el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) (equipo de medición).

La investigación en control de procesos la realiza la UAM (Control adaptable); la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) (Adquisición de datos); la UNAM (Control de redes de agua potable); el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (Control digital de procesos); el Instituto Tecnológico Regional de Tlalnepantla (Control numérico de máquinas y herramienta) y el Departamento de Ingeniería Eléctrica del CINVESTAV (Control de fermentadores, simulación de control en estado de emergencia de sistemas de potencia); el IIE (Controladores programables, controladores de secuencia para arranque y paro de plantas hidroeléctricas); el IMP (Control de procesos de fermentación).

En equipo biomédico trabajan el CINVESTAV para el Seguro Social, el Centro de Cardiología con la Escuela de Medicina del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Unidad Iztacala de la UNAM. La ESIME también tiene capacidad en esta área.

Componentes. En la parte de semiconductores distinguimos tres instituciones: El CINVESTAV con su Departamento de Ingeniería Eléctrica; el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica y la Universidad Autónoma de Puebla. Las dos primeras dominan los procesos fundamentales para realizar dispositivos discretos de potencia y circuitos integrados MOS de baja complejidad, nivel de oblea; en el tercero, la IDT se ha enfocado en una primera etapa a la construcción del equipo necesario para realizar los procesos fundamentales de tecnología (hornos de alta temperatura, máquina de puntas, controladores de temperatura, equipo de máscaras), etc. También los institutos de Física y de Materiales de la Universidad Nal. Autónoma trabajan en silicio monocristalino

y amorfo, respectivamente, y tienen planes para ampliar su capacidad en relación a materiales y componentes microelectrónicos.

En informática también han sido formados grupos de investigación y desarrollo en la industria (MEXEL, Micrológica Aplicada, Transdata y LINK, entre otras, y en institutos como el CINVESTAV (Departamento de Ingeniería Eléctrica); la UNAM (Institutos en Investigación en Matemáticas Aplicadas, Sistemas y Servicios; Centro de Instrumentos; Programa Universitario de Cómputo); el IIE (Departamentos de Electrónica, Computación, Sistemas de Información, Simulación y Análisis de Redes) y el Instituto Mexicano del Petróleo, entre otros.

Prácticamente en todos los grupos que se reporta hay antecedentes de interacción con otros países latinoamericanos, sobre todo al nivel de visitas, intercambio de información y participación en reuniones técnicas regionales.

En microelectrónica se aprecia que hay poca interacción entre los grupos de investigación y la industria. Esto se debe principalmente al incipiente desarrollo industrial en este campo y a que todavía los grupos de diseño y desarrollo de equipos y dispositivos no se han interesado en la utilización más intensa de circuitos integrados "custom" y "semicustom". Esta tendencia, cada día más marcada en países como los Estados Unidos, se está empezando a sentir y existe ya gran interés en un centro de apoyo a la industria electrónica que facilite el diseño, la interacción con "silicon foundries" y en general, el desarrollo y evaluación de prototipos. Este centro podría también servir de apoyo a la colaboración industria-investigación, facilitando la aplicación industrial de los resultados de la investigación y la identificación de oportunidades para nuevos proyectos.

INVESTIGACION Y DESARROLLO EN MICROELECTRONICA EN VENEZUELA

En Venezuela, el gobierno ha anunciado que el subsector de electrónica, telecomunicaciones e informática ha quedado incluido como uno de los aspectos prioritarios del VII Plan de la Nación. Se le considera como un elemento catalizador del progreso científico y tecnológico que debe acompañar al desarrollo integral autode-terminado que busca el país.

En el I Simposio de Electrónica que se llevó a cabo en Caracas en noviembre de 1984, se concluyó, entre otras cosas, que:

- Existen condiciones favorables para el desarrollo de la tecnología electrónica a través de empresas nacionales innovadoras surgidas a partir de 1974 que diseñan, fabrican y comercializan hasta llegar a niveles significativos de venta en el país. Se reconoce que estas empresas han sido favorecidas por factores tales como:
 - . Disponibilidad de ingenieros de alta calificación
 - . Ventajas al tener capacidad de diseñar según necesidades del mercado local; de dar mejor servicio y mantenimiento y competir en calidad y precio
 - . Disponibilidad de capital de riesgo y apoyo técnico a través de universidades y centros de investigación.

- Es necesario el fortalecimiento del marco institucional para el desarrollo del subsector a través de: la creación de un organismo consultivo de alto nivel; apoyo adicional de las fuerzas armadas para desarrollar la infraestructura de investigación científica y desarrollo tecnológico; el fortalecimiento de la infraestructura de investigación en microelectrónica e informática; la creación de servicios técnicos de información y de asistencia especializada; el refuerzo y la coordinación adecuada de la capacidad instalada de investigación.

- Se recomienda también establecer una serie de mecanismos y acciones para mejorar la comunicación en el subsector, tales como:
 - . Elaborar, a través de la Asociación de las Empresas de Electrónica Profesional, un catálogo de productos, servicios y capacidades técnicas de las empresas.
 - . Dar continuidad a la realización del Simposio de Electrónica y editar una publicación anual que lo cubra.
 - . Mejorar la comunicación con las fuerzas armadas.

La participación en la organización del I Simposio de Electrónica de los Ministerios de la Defensa, de Fomento, de Educación y de Ciencia y Tecnología, así como la Universidad Central, la Fundación Instituto de Ingeniería y la Asociación de Electrónica Profesional, muestra el gran interés que existe en Venezuela, en todos los sectores involucrados, en establecer un marco adecuado para favorecer el desarrollo de la electrónica y en particular de la microelectrónica, a la luz del potencial que tiene en el país en este campo y de los beneficios que pueden obtenerse del mismo.

A través del Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnología (CONICIT) se ha propuesto la creación de la Comisión para el Desarrollo de las Investigaciones y sus Aplicaciones en Microelectrónica. Esta Comisión estudiaría el estado actual de la microelectrónica en Venezuela y la factibilidad de establecer plantas industriales de circuitos integrados, componentes y partes electrónicas. Entre las áreas posibles de estudio de la Comisión, se señala las siguientes:

- a. Circuitos integrados
- b. Dispositivos integrados
- c. Circuitos híbridos
- d. Dispositivos y sistemas con fibras ópticas
- e. Dispositivos activos y pasivos de microondas

- f. Sistemas automatizados
- g. Aplicaciones de microprocesadores

Se recomienda también que la Comisión "señale algunos lineamientos a fin de establecer el control de calidad y la normalización necesaria para el sector, así como también detectar los mecanismos adecuados para favorecer una mejor vinculación entre la investigación y la industria"

La actividad de investigación y desarrollo que se lleva a cabo en electrónica en Venezuela se concentra fundamentalmente en la Fundación Instituto de Ingeniería; en las industrias electrónicas venezolanas; en los institutos de investigación asociados a sectores específicos, como el Instituto Venezolano del Petróleo, los grupos de investigación de CANTV -la compañía venezolana de teléfonos-, y en las instituciones como el IVIC (Instituto Venezolano de Investigación Científica), la Universidad Central y la Universidad Simón Bolívar, que también tienen un importante papel en la formación de personal en esta especialidad.

La Fundación Instituto de Ingeniería es el organismo más activo en este campo, con proyectos de avanzada de gran relevancia industrial, como el de circuitos híbridos, el de celdas solares y el de diodos de potencia, y con un compromiso para mantener un alto nivel de calidad científica y tecnológica en su trabajo, que se manifiesta por su esfuerzo para formar personal en las mejores universidades. Actualmente tienen cinco estudiantes de doctorado en universidades del extranjero en diferentes áreas relacionadas con la microelectrónica. Para el futuro, se ha propuesto que la Fundación desarrolle capacidad en los sistemas computacionales de apoyo para el diseño de circuitos electrónicos y en los aspectos tecnológicos asociados a la fabricación de circuitos. Aprovechando las facilidades de las fundiciones de silicio disponibles en el extranjero, se ha considerado inicialmente la fabricación de circuitos "custom" y "semicustom" para aplicaciones

especiales en telefonía. En el área de telecomunicaciones, la Fundación busca desarrollarse en fibras ópticas y en enlaces digitales por microondas; también pretende ampliar su línea de aplicaciones de microprocesadores, extendiendo sus sistemas de redes locales a redes de micros para control de plantas industriales y a redes para automatización de oficinas.

La actividad de desarrollo tecnológico de las industrias venezolanas es muy intensa; la mayoría de las empresas creadas en los últimos 10 años cuenta con capacidad técnica propia, han comercializado eficazmente sus propios productos y han usado también esta capacidad para negociar razonablemente tecnología complementaria de otras empresas. Algunos ejemplos son los siguientes:

- AETI. Sistemas automáticos de supervisión, control y adquisición de datos.
- AVTEK. Reguladores de voltaje. Transformadores de aislamiento. Acondicionadores de línea. (UPS) Fuente de energía ininterrumpida.
- DISTELCA. Software para la automatización de oficinas. Interfase telex-computador.
- EYT. Sistemas supervisorios para ascensores. Sistema de control de tránsito. Sistemas de telemetría y control. Equipos de telefonía (discadores. Modems)
- FABELCA. Microcomputador de control. Sistema de software. Controladores programables. Servicios de mantenimiento para equipos microcomputarizados.
- FONOLAB. Bloqueadores telefónicos. Mesas de operaciones. Consolas de comunicación. Interfases y adaptaciones para centrales telefónicas. Central pública rural. Centrales telefónicas. Sistemas combinados de telefonía.
- INTERBA. Taxímetro. Registrador de velocidad.
- MICROTEL. Sistema de identificación de abonados. Centrales telefónicas. Sistema de control de ascensores. Central telefónica rural.

VOLTEK. Relojes autónomos. Relojes centralizados. Pizarras de información.

XYNERTEC. Empresa nueva, creada para fabricar microcomputadoras. Está a punto de lanzar al mercado una máquina compatible con la IBM-PC basada en tecnología que importa y con un programa de integración tecnológica local que incluye dominar todas las tarjetas electrónicas del computador más el chasis y las fuentes, etc. La empresa ha contado con apoyo financiero de FINTEC.

La mayoría de estas empresas se organizó a partir de 1975 y han venido creciendo a una tasa promedio anual del orden del 45%. Todas ellas están basadas en tecnología propia y han dado un gran énfasis a la comercialización, al servicio a los usuarios, a la adaptación de sus productos a los requerimientos específicos del comprador y a competir en calidad y precio. A diferencia de las empresas en otros sectores, en éstas hay una dedicación permanente a la actividad de investigación y desarrollo, por lo que tienen un alto porcentaje de ingenieros y técnicos dedicados a estas actividades, del orden de un 40%.

Es interesante observar que muchas de estas empresas de electrónica profesional se han iniciado con el esfuerzo empresarial de ingenieros de alta calificación que han desarrollado productos con diseño e ingeniería propios como punto de arranque de sus empresas. En general, la rentabilidad inicial ha sido baja, pero en la medida en que la empresa aprende a desarrollar productos manteniendo su propia actividad de diseño e ingeniería, mejora su rentabilidad y abarca una fracción más grande del mercado. Un reporte elaborado por el Ing. Carlos Chacón L. en agosto de 1984^{1/} señala: "El hecho de que este pequeño número de empresas haya desarrollado y comercializado más de treinta productos, muchos de ellos incorporando tecnología avanzada, nos da una medida de su capacidad de ingeniería en

^{1/} "Empresas nacionales de electrónica profesional con tecnología propia"

el área de aplicaciones de la tecnología electrónica, y nos sugiere un elevado potencial para el desarrollo de equipos y sistemas mucho más complejos que los actuales y adaptados a necesidades específicas del mercado". Señala también el hecho de que durante los últimos años las empresas han iniciado alrededor de siete proyectos nuevos de investigación y desarrollo en promedio, cada año, con inversiones considerables en cada uno de ellos.

Los proyectos de investigación incluyen el desarrollo de productos comerciales tanto de hardware como de software y han sido logrados gracias a la alta calificación de su personal de ingeniería, muchos de ellos con posgrados y con experiencia previa en instituciones de investigación.

Es importante destacar, del mismo informe del Ing. Chacón, los elementos de estrategia que estas industrias han usado para la definición de productos:

- a. Aprovechamiento de "nichos de mercado" generados por condiciones locales que demandan equipos con especificaciones diferentes a las de los equipos standard.

* Reguladores de voltaje con mayor rango de operación

| | IMPORTADO | NACIONAL |
|-------------------------------|-----------|----------|
| Rango de variación de voltaje | 15% | 25% |

- b. Diseño universal que permite la compatibilidad entre equipos de diverso origen y/o modernización de equipos obsoletos.

* Interfase digital de identificación de abonados para permitir el discado directo internacional en centrales electro-mecánicas

* Señalización multifrecuencial para centrales decádicas

* Sistema de facturación detallada (DDN)

* Interfase Telex-Computador

c. Diseños que incorporan componentes recientes, lográndose la fabricación de equipos más avanzados que los disponibles por el momento en el mercado internacional.

- * Centrales telefónicas PABX, incorporando una serie de características propias que superan a las existentes en el mercado.
- * Sistema modular de semáforos de control distribuido
- * Diseño de equipos o sistemas con el conjunto de especificaciones adecuadas a las necesidades particulares del cliente
- * Sistemas remotos de supervisión y control
- * Sistema de control de ascensores.

La incipiente industria electrónica venezolana está dando muestras de dinamismo, solidez y competitividad, que indican el gran potencial que tiene para desarrollarse en el futuro si se cuenta con una política gubernamental de apoyo a la electrónica más ambiciosa. Seguramente que con una política que ayude a que se aproveche mejor el mercado nacional y especialmente el del sector público, que favorezca el financiamiento preferencial para actividades de investigación y desarrollo, y con una ampliación de los recursos de los grupos de investigación de universidades e institutos, se acelerará el proceso de creación y desarrollo de empresas en electrónica, con un importante efecto multiplicador en toda la economía venezolana.

COOPERACION REGIONAL EN INVESTIGACION Y DESARROLLO SOBRE MICRO-ELECTRONICA.

Es indudable que a largo plazo la única forma para lograr un papel significativo a nivel mundial en microelectrónica es a base de una cooperación regional que permita aprovechar el mercado, la capacidad industrial y el potencial científico-tecnológico de la región como un todo.

La cooperación puede beneficiar a los países menos avanzados a través de la formación de recursos humanos, el apoyo para iniciarse en aplicaciones, el conocer de las herramientas y procesos en uso o en desarrollo en los otros países y en general al facilitarles el acceso a información y experiencias de gran valor para definir oportunidades, planes y programas específicos.

Todos los países y en especial los más avanzados pueden beneficiarse al tener acceso a mercados, innovaciones y recursos humanos de toda la región. Al mismo tiempo se pueden desarrollar programas y proyectos ambiciosos con recursos regionales, que no serían realizables, o se desarrollarían sólo en forma limitada, con los recursos de un solo país.

La cooperación en la formación de recursos humanos permite aprovechar la costosa infraestructura de laboratorios, computadoras e instalaciones especializadas de los grupos en microelectrónica de las Instituciones de Enseñanza Superior en forma regional, favoreciendo la complementación y el mejor uso de los recursos. Las ventajas de idioma, cultura y en cierta forma la de vecindad geográfica, pueden ayudar a acelerar la formación de especialistas. Esta cooperación significa también el usar los recursos de la región en la región, minimizando la salida de divisas por este concepto.

La realización de proyectos de cooperación como el "multiproyecto chip", que se sugiere en el reporte de la misión a Venezuela, Brasil y Argentina, permitirá no sólo el compartir experiencias y acelerar el desarrollo de las tecnologías asociadas en cada país, sino también facilitar la comunicación entre grupos de investigación e industrias de toda la región, con los consiguientes beneficios de una mayor colaboración más adelante.

El dinamismo de las industrias de informática, telecomunicaciones, electrónica profesional y de electrónica en general, abre enormes oportunidades para la complementación industrial y tecnológica regional. Esta complementación se logrará en la medida en que haya mejores bases en cada país para identificar oportunidades, para conocer y evaluar lo que se puede obtener de otros países de la región y para integrar esfuerzos de asimilación y aplicación local.

A diferencia de lo que se había observado anteriormente en campos como la electrónica de consumo, en los que cada país pretendía tener todo lo necesario con poco margen para la complementación regional, los campos de informática, telecomunicaciones, electrónica profesional y microelectrónica propiamente dicha, son tan amplios y dinámicos que se abren grandes posibilidades de complementación; resulta no solo pretencioso, sino prácticamente imposible que un solo país quiera hacer todo lo que necesita.

Las sugerencias que se hacen en el reporte de la misión aludida, de promover reuniones, publicaciones y en general la comunicación regional entre investigadores, industriales y autoridades facilitarán el que se definan más oportunidades específicas de cooperación científico-tecnológica y se encuentren también mejoras a los mecanismos existentes para financiar, promover y coordinar esta cooperación. De acuerdo con las observaciones de la misión y considerando lo antes expuesto se puede asegurar que el establecimiento de la "Red Microelectrónica Latinoamericana" favorecerá la cooperación no sólo en investigación y desarrollo, sino también en aspectos industriales y comerciales en este campo.

