Crisis y restructuración de la industria electrónica mundial y reconversión en México

SERGIO ORDÓÑEZ*

Durante los años ochenta y noventa tuvieron lugar el tránsito de la *antigua* industria electrónica a una nueva y la creación del sector electrónico informático,[1] como subgrupo articulador y dinamizador de un nuevo ciclo industrial, en el marco de un complejo proceso de evolución del capitalismo a una nueva fase de desarrollo, para la cual se propone la denominación *capitalismo del conocimiento*.[2]

La antigua industria electrónica era liderada por el complejo militar aeronáutico y el mercado de consumo, y el paso a la nueva industria consistió en una mayor integración orgánica en torno del sector de la computación hasta los años ochenta, y alrededor de éste y las telecomunicaciones a partir de entonces. De manera paralela a este proceso se efectuó la integración orgánica de la nueva industria electrónica en el sector electrónico informático, que articuló y dinamizó la expansión de la economía mundial en los años noventa.[3]

En este trabajo se estudia el papel central del sector electrónico informático en la crisis mundial de 2001 y 2002, la recuperación económica posterior y el actual proceso de restructuración de la industria electrónica mundial, como marco del proceso de reconversión que de modo simultáneo se desarrolla en ese sector en México, tendiente a la conformación de una nueva modalidad de desarrollo. Para ello la exposición se divide en tres apartados que desarrollan cada uno de los procesos descritos.

CENTRALIDAD DEL SECTOR ELECTRÓNICO INFORMÁTICO EN LA CRISIS Y RECUPERACIÓN MUNDIALES

La crisis económica mundial de 2001 y 2002 implicó una violenta inflexión del ciclo industrial global que revirtió el rápido crecimiento de la producción y el comercio internacionales del decenio anterior, apoyados en la dinámica del sector electrónico informático de Estados Unidos y su difusión internacional. Como se puede observar en la gráfica 1, el ininterrumpido crecimiento del PIB de ese país hasta el segundo trimestre de 2000 es seguido por la recesión de 2001 y 2002, que tocó fondo en el tercer trimestre de 2001, caída cercana a 2% anual, y una difícil recuperación sólo consolidada a partir de 2003, tras el esbozo fallido del año anterior.

1. Se define como el complejo productivo basado en las tecnologías del circuito integrado y el software, que trae consigo la formación de las actuales industrias y servicios de la información, establecidas a partir de la conexión de la computadora con las telecomunicaciones. El término compuesto *electrónico informático* destaca el papel central del elemento informático como aspecto distintivo de la nueva industria electrónica, que la diferencia de la producción anterior. Para un análisis detallado, véase S. Ordóñez y A. Dabat, *Revolución informática y nuevo ciclo industrial: la nueva industria electrónica de exportación en* México, IIEC-UNAM, en prensa, 2005.
2. S. Ordóñez, "Nueva fase de desarrollo y capitalismo del conocimiento: elementos teóricos", *Comercio Exterior*, vol. 54, núm. 1, México, enero de 2004, pp. 4-17.
3. S. Ordóñez y A. Dabat, *op. cit.*

* Investigador del Instituto de Investigaciones Económicas (IIEC) de la UNAM <serogu@avantel.net>.

Como resultado, la economía estadounidense volvió a crecer a tasas relativamente elevadas, aunque muy condicionada por fuertes limitaciones de su capacidad expansiva.[4]

La crisis económica de 2001 y 2002 fue de sobreacumulación de capital y caída de la rentabilidad empresarial,[5] precipitada por el estallido de una enorme burbuja bursátil centrada en el sector más dinámico del nuevo ciclo industrial, es decir, el electrónico informático. Este proceso se profundizó a partir del 11 de septiembre de 2001 al desencadenarse un conjunto de factores extraeconómicos que acentuaron sus efectos y su transmisión internacional, como la crisis de la aviación comercial mundial, la guerra de Irak y el crecimiento acelerado de los precios del petróleo.

4. La fase expansiva del ciclo anterior de la economía estadounidense se inició en el segundo trimestre de 1991 y terminó en igual periodo de 2000. Esta etapa concluyó en el gran auge registrado en el lapso 1995-2000, cuyo PIB creció —según diferentes fuentes— a un ritmo de entre 4.1 y 4.4 por ciento (OCDE, *Science, Technology and Industry Outlook*, 2001, y Bureau of Economic Analysis, BEA, www.bea.gov/). La reciente recuperación de la economía de Estados Unidos se reflejó en tasas medias de crecimiento del PIB cercanas a 3.5% en 2003-2004, en comparación con la tasa de 3% alcanzada en el lapso 1991-1992, según BEA, pero muy condicionada por factores negativos que amenazan la continuidad del auge, como los enormes déficit comercial y fiscal.
5. En 1997 las corporaciones no financieras de Estados Unidos alcanzaron su nivel de rentabilidad más alto en términos de masa de ganancia, con beneficios antes de impuestos por 505 000 millones de dólares. Sin embargo, en los cinco años subsiguientes esas ganancias experimentaron una merma continua, cuyos montos bajaron de 479 000 millones en 1998 a 456 000 en 1999, y a 423 000 en 2000. En la época de crisis, esas cantidades siguieron a la baja hasta alcanzar 334 000 millones de dólares en 2001 y 322 000 millones en 2002 (U.S. Census Bureau, 2003 <www.census.gov>).

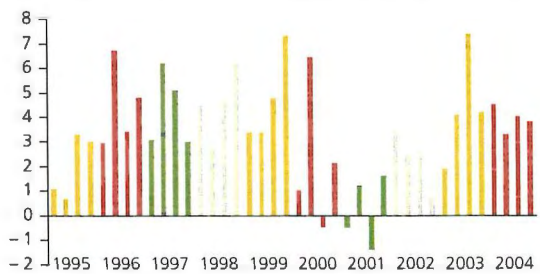
La crisis mundial tuvo su origen en el sector electrónico informático de Estados Unidos, a partir del cual se propagó al resto de la economía del país y luego a la economía global debido a la confluencia de tres procesos principales: *1)* una sobreacumulación de capital fijo tanto en ese sector como en toda la economía estadounidense; *2)* su relación con la crisis cíclica de la industria mundial de semiconductores, agravada por la fuerte inversión del periodo, y *3)* la visión exagerada sobre las dimensiones del proceso, debido a la exacerbada especulación accionaria en el llamado sector tecnológico de Estados Unidos (índice Nasdaq), con la consiguiente formación de una enorme burbuja bursátil que al estallar propagó los efectos de la crisis y acentuó las pérdidas o quiebras de empresas y consumidores.[6]

Lo anterior precipitó la contracción del mercado y la producción estadounidenses, sobre todo en su sector electrónico informático: mientras las ventas del conjunto de mercancías y servicios se redujeron en 5.7 y 2 por ciento en 2001 y 2002, respectivamente, las de productos electrónicos[7] lo hicieron en 13.4 y 13.9 por ciento.[8] El mismo proceso se manifes-

6. S. Ordóñez y A. Dabat, *op. cit.*
7. Se refiere a la industria electrónica civil, ya que el grupo de telecomunicaciones de defensa militar aumentó sus entregas en 30.5 y 3.9 por ciento (U.S. Census Bureau, *Manufacturers' Shipments Inventories and Orders*, 1992-2002).
8. Si se considerara las actividades de servicios del sector electrónico informático en este cálculo, la magnitud de la contracción sería mayor debido a la crisis que registraron los servicios de telecomunicaciones; empero, este hecho lo atenuarían la industria y los servicios del software, únicas actividades cuyo valor no disminuyó durante la crisis.

G R Á F I C A 1

ESTADOS UNIDOS: TASA DE CRECIMIENTO TRIMESTRAL DEL PIB, 1995-2004 (PORCENTAJES)



Fuente: Bureau of Economic Analysis, Departamento de Comercio de Estados Unidos. Tasa de crecimiento calculada con base en dólares constantes, base 2000 = 100.

tó por cuanto a las importaciones, ya que las de productos electrónicos cayeron 18.9 y 0.5 por ciento, mientras que las compras totales de mercancías lo hicieron en sólo 6.2% en el primer año y aumentaron 1.9% en el siguiente.

La contracción de las importaciones de aquellos productos en Estados Unidos representó el principal medio de transmisión internacional de la crisis al comercio y, por esa vía, a la producción mundial, de modo que los flujos de exportación regional de productos electrónicos que disminuyeron en mayor medida fueron los de Asia oriental a América del Norte (21%), seguido del flujo con dirección inversa (20%), las ventas de Asia oriental a Europa occidental (16%) y las exportaciones intrarregionales de Europa (11 por ciento).

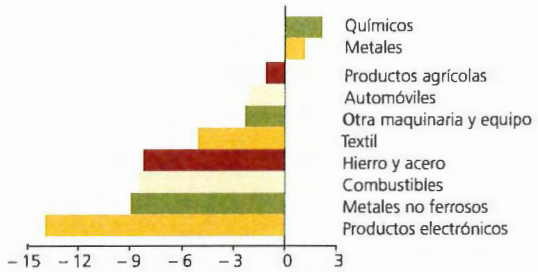
Debido a lo anterior, la contracción de las exportaciones mundiales de la industria electrónica superó a la del resto de las actividades industriales y representó el centro de la disminución del comercio mundial en 2001, como se puede observar en la gráfica 2.

La recuperación del sector electrónico informático mundial inició en 2002 y se sustentó en dos ejes dinámicos: a] el rápido crecimiento de China y Asia oriental, que precede a la crisis mundial, sin que ésta lo interrumpiera, lo que convirtió a China en el eje de una rápida recuperación del comercio intrarregional asiático de ese sector merced al crecimiento de su enorme mercado interno y sus exportaciones, y b] la recuperación de Estados Unidos, apuntalada primero en el consumo y, a partir del segundo trimestre de 2003, en la nueva inversión de capital fijo de base electrónica informática, que aumentó a tasas de alrededor de 15% en los dos últimos trimestres de ese año y el primero de 2004.[9] Lo anterior originó un fuerte aumento de sus importaciones —con efectos de arrastre sobre el comercio y la producción mundiales—, mientras que la depreciación del dólar favorecía sus exportaciones.

Entre ambos ejes dinámicos hay una relación de retroalimentación que se expresa en el aumento de las exportaciones de la industria electrónica de Estados Unidos a China: 23% en plena recesión (2001). Esto atenuó el descenso de la producción de esa industria estadounidense. Si bien el año siguiente las ventas externas se estancaron, quizás porque

G R Á F I C A 2

TASA ANUAL DE CRECIMIENTO DE LAS PRINCIPALES EXPORTACIONES MUNDIALES DE MERCANCÍAS, 2000-2001 (PORCENTAJES)



Fuente: elaboración propia con base en OMC, *Estadísticas del Comercio Internacional*, 2003.

aumentó el comercio intrarregional asiático, en 2003 volvieron a subir 20%,[10] hecho que se manifestó además en el incremento de 40 y 37 por ciento de los envíos de China a Estados Unidos en 2002 y 2003, respectivamente.[11]

LA RESTRUCTURACIÓN DE LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA MUNDIAL

La crisis trajo consigo una restructuración tecnológica productiva del sector electrónico informático, que tendió a integrarlo en torno de sus fundamentos tecnológicos básicos, es decir el circuito integrado y su evolución en el microprocesador, y el software.[12] Este proceso significó una restructuración de la industria electrónica con base en la expansión de los radios de acción del microprocesador y la digitalización, así como el desarrollo de las redes de interconexión entre dispositivos cada vez más multifuncionales y móviles. A raíz de lo anterior se profundizó la incursión de ese sector en otras industrias ya tocadas por la tecnología, como la automovilística, o bien en otras relativamente poco exploradas hasta antes de la crisis, como la aeronáutica y la de instrumentos de precisión.

El microprocesador y la digitalización extendieron el radio de acción de los dispositivos de procesamiento infor-

9. El gasto de las empresas en equipo electrónico informático se recuperó desde el segundo trimestre de 2003, al aumentar 4% en relación con el trimestre anterior y casi 10% en el trimestre siguiente, pero a partir del segundo trimestre de 2004 dicho gasto se desaceleró con un incremento menor a 10%, después del aumento de alrededor de 15% de los tres trimestres precedentes (Departamento de Comercio de Estados Unidos). Por otro lado, en relación con 2001, desde 2002 las ventas de equipo de cómputo aumentaron en 3.2% y las de equipo electrónico médico en 5.8% (U.S. Census Bureau, *Manufacturers' Shipments...*, *op. cit.*).

10. Como parte de ese proceso, la participación de las exportaciones a China en el total de los envíos de la industria electrónica estadounidense aumentó de 1.2% en 1995 a 4.2% en 2003 (OMC, *Estadísticas del Comercio Internacional*, 2004).
11. *Ibid.*, 2003 y 2004.
12. S. Ordóñez y A. Dabat, *op. cit.*

mático a otros mecanismos electrónicos, sobre todo los de telecomunicaciones y la electrónica de consumo, lo que originó un proceso de convergencia tecnológica basado en la incorporación de las funciones de procesamiento informático y la capacidad de interacción. Ello se complementó con el desarrollo de las redes, que hace efectiva esa interacción, mediante la interconexión de dispositivos en espacios de diferentes dimensiones y, como tendencia, sin cables.[13]

A partir de lo anterior tuvo lugar la entrada más acentuada de la industria electrónica en otros sectores ya tocados por la tecnología o en nuevas actividades, lo que en conjunto provocó nuevos encadenamientos productivos en dicha industria, centrados en la proveeduría del subsector de semiconductores a las industrias de equipo de telecomunicaciones y electrónica de consumo, y fuera de la misma, en torno al suministro de componentes para industrias cada vez más diversas.

En la industria de equipo de telecomunicaciones, la crisis trajo consigo el incremento en el uso de la banda ancha y el desarrollo de las redes inalámbricas de alta velocidad de conexión a internet (Wireless Fidelity, WIFI) e interconexión entre dispositivos, lo que implicó un nuevo reto tecnológico para el sector de semiconductores porque ahora lo importante es aumentar la velocidad no del procesamiento de la información sino de la transmisión; así, los últimos adelantos tecnológicos se enfocan en la invención de nuevos circuitos integrados capaces de codificar información en un haz de luz y enviarla por medio de redes de fibra óptica,[14] lo que tendería a borrar aún más los confines tecnológicos y productivos entre la computación y las telecomunicaciones, y alcanzar una mayor capacidad de cómputo no limitada por la distancia física.[15]

La crisis económica de 2001 y 2002 fue de sobreacumulación de capital y caída de la rentabilidad empresarial, precipitada por el estallido de una enorme burbuja bursátil centrada en el sector electrónico informático

De manera adicional se desarrollaron las redes inalámbricas de telefonía en detrimento de las alámbricas o fijas.[16] El desarrollo de las redes inalámbricas en general se tradujo, entre otras cosas, en la multiplicación y el crecimiento de la producción de dispositivos electrónicos multifuncionales de procesamiento de información, telecomunicaciones y electrónica de consumo, entre los que destaca la multiplicación de las computadoras portátiles.

En ese marco, la innovación tecnológica más radical consiste en la digitalización de señales telefónicas y su envío por la red (*internet switching technology*), que implica el agotamiento de un ciclo tecnológico basado en la telefonía tradicional por medio de sistemas de conmutadores en circuito

13. Este proceso alcanzó su máxima expresión en el cambio de tres aspectos fundamentales en internet: *1)* el desarrollo de nuevas y más veloces tecnologías de conexión y acceso; *2)* la creación de la red como campo tecnológico de enlace entre la operación de múltiples dispositivos electrónicos y servicios asociados propios de los diversos subsectores de la industria electrónica informática, y *3)* el crecimiento de internet como elemento intermediario en la producción económica y social (S. Ordóñez y A. Dabat, *op. cit.*).
14. Este dispositivo es un circuito integrado (modulador óptico), con el que la empresa Integrated Electronics (Intel) se propone aplicar la ley de Moore —la capacidad de proceso de los equipos se duplica cada 2.5 años, mientras los costos se mantienen, o mejor dicho: al término de 2.5 años, la misma capacidad está a mitad de precio— no sólo a la velocidad de procesamiento de la información, sino también a su velocidad de envío (*New York Times*, 12 de febrero de 2004).
15. Esta fusión entre computación y telecomunicaciones permitiría revolucionar la producción de sistemas de comunicación de fibra óptica aplicando los procesos convencionales de producción de los circuitos integrados, en lugar del uso de materiales exóticos y las técnicas de ensamble manual que constituyen en la actualidad el estándar productivo de la industria de redes de fibra óptica (*ibid.*). En 1996 los ingresos de la industria de servicios de telecomunicaciones en Estados Unidos se distribuían de la siguiente manera: 87% telefonía fija, 11% telefonía inalámbrica y 2% internet, pero en 2003 la participación de la telefonía fija disminuyó a 60% contra 33 y 7 por ciento de los rubros restantes, respectivamente. Del lado de los gastos de los consumidores, en la industria se verificó un proceso similar, puesto que en el primer año la distribución era de 81, 14 y 5 por ciento, y en 2003 de 46, 40 y 14 por ciento, respectivamente, con una disminución absoluta de 609 dólares anuales por hogar en telefonía fija en el primer año y 563 en el segundo (S. Lent, "The Transformation of the Telecommunications Industry", *Telecommunications Policy Research Conference*, Arlington, 2004).
16. Por ejemplo, en 2002 el número de teléfonos móviles en el mundo superó al de aparatos fijos ("Beyond the Bubble", *The Economist*, 9 de octubre de 2003).

(*circuit switching systems*)[17] y el tránsito a un nuevo ciclo de fusión de varias tecnologías que modificará la estructura de la industria y los servicios asociados, en los siguientes términos: *1)* el nuevo ámbito de competencia para las empresas proveedoras de equipo de telecomunicaciones abierto por la nueva tecnología y el desarrollo de las redes inalámbricas o móviles, alterará de modo significativo la estructura de la industria y la distribución actual del mercado, puesto que las empresas predominantes en la proveeduría del equipo, las redes de telecomunicaciones necesarias de la nueva tecnología y las redes móviles no son las mismas que las dominantes tradicionales en el suministro de equipo y redes telefónicas fijos, y *2)* un proceso similar pero de mayor alcance tendrá lugar entre las empresas telefónicas tradicionales, en particular las de telefonía fija,[18] y las compañías proveedoras de servicios de internet y televisión por cable,[19] en el cual las empresas con mayores ventajas competitivas serán las que proporcionen servicios de internet y cuenten con redes de interconexión (alámbricas e inalámbricas) propias. Nuevos servicios integrados de internet, telefonía alámbrica e inalámbrica y televisión por cable o satélite anuncian cambios en la posición de las empresas y creación de alianzas estratégicas entre ellas.

De manera adicional, la incursión del microprocesador en los teléfonos celulares, que permite la evolución tecnológica hacia internet, transmisión de imagen y sonido, fotografía digital e incorporación de videojuegos, se aceleró durante la crisis y determinó la recuperación de la producción de semiconductores en Estados Unidos a partir de 2002.[20]

En el subsector de electrónica de consumo, la introducción del microprocesador persigue la creación de un nuevo mecanismo de gestión de una red de entretenimiento del hogar, que combina un dispositivo interconectado e inalámbrico a la televisión, aparato de video y juegos, estéreo, DVD y cámara digital, lo que revolucionará en términos tecnológicos y productivos al subsector, pues lo abriría a la tecnología y la competencia de la industria de semiconductores, en particular a la producción de equipo electrónico de consumo y las industrias del entretenimiento y la grabación musical.[21]

Además, la incursión del microprocesador tiende a incrementarse con el desarrollo de la tecnología del cristal líquido sobre silicio (*liquid crystal on silicon*), que entrará a competir con la tecnología del procesamiento digital de la luz (*digital light processing*: DLP), que en la actualidad se usa en los televisores de microdespliegue.[22]

De modo complementario, el desarrollo de la tecnología del televisor de pantalla plana y de plasma ha permitido que grandes fabricantes de computadoras incursionen en la producción de televisores, puesto que una de las tecnologías de la pantalla plana consiste en el despliegue de cristales líquidos (*liquid crystals displays*), que en la actualidad se usa en la producción de los monitores para computadoras de escritorio y portátiles, por lo que la incursión en la producción de ese tipo de televisores es un paso lógico para estas empresas, proceso en el cual la tasa de rentabilidad con que operan y sus canales de distribución directa les dan ventajas sobre los fabricantes de televisores.[23]

La evolución tecnológica de la electrónica de consumo y el desarrollo de internet determinan un nuevo dinamismo del subsector de dispositivos de consumo, que se con-

17. En 2003 el mercado de la nueva tecnología creció 23% en Estados Unidos. Esta nueva tecnología consiste en fragmentar las conversaciones de voz en pequeños paquetes de datos que se dispersan después en un sinnúmero de rutas posibles, mezclados con la transmisión de datos de otras personas, para luego extraerlos en el punto receptor. La tecnología permite economías en el espacio de las oficinas centrales de conmutación de las empresas, la reducción en casi un tercio en el costo de la infraestructura y de entre 50 y 60 por ciento en los costos de operación (*New York Times*, 12 de enero de 2004).
18. Los principales proveedores de equipo son Nortel, Lucent Technologies, Sonus y Cisco Systems (*ibid.*). En Estados Unidos, las empresas telefónicas se vienen quejando por la incursión de empresas proveedoras de servicios de internet en la industria de la telefonía, lo que atribuyen a la falta de reglamentación del nuevo mercado. Esto implica también el enfrentamiento entre las empresas telefónicas y las proveedoras de televisión por cable, puesto que éstas poseen redes de interconexión propias, y se prevé que en 2010 las primeras conseguirán 6.1 millones de suscriptores de televisión, es decir, 6.2% del mercado estadounidense (*New York Times*, 17 de noviembre de 2004).
19. Previo al surgimiento de la telefonía por la red, las empresas proveedoras de internet y las proveedoras de televisión por cable competían por el mercado de acceso a internet. Con la nueva tecnología, la competencia se amplía a la provisión de servicios telefónicos.
20. Se calcula que en pocos años el costo de los circuitos integrados incorporados en los teléfonos celulares será equivalente al que hoy contienen las computadoras personales. *Electronic News*, 26 de noviembre de 2003.
21. Ésta es la trayectoria de desarrollo tecnológico de la industria de la computación que pretenden imprimir los fabricantes más importantes de circuitos integrados y software (Intel y Microsoft), cuyos dispositivos determinarían el estándar tecnológico de la nueva modalidad de mecanismo de gestión de la red de entretenimiento. A esta perspectiva se oponen los fabricantes de equipo de consumo, pues al quedar interconectados todos los dispositivos de entretenimiento —argumentan—, los proveedores de televisión por satélite y cable podrían controlar no sólo la forma de ver películas sino, en cierta medida, el modo en que se usan los videojuegos y se escucha la música. En esta lucha de trayectorias tecnológicas y visiones de futuro, Intel anunció el desembolso de 200 millones de dólares para el desarrollo de microprocesadores para la red de medios en el hogar. *New York Times*, 7 de enero de 2004.
22. Texas Intruments domina la tecnología, mientras que Intel desarrolla la nueva tecnología. *Electronic Business*, 1 de febrero de 2004.
23. Empresas como Dell, Gateway y Hewlett Packard producen televisores de pantalla plana, a las cuales se agregan las que fabrican empresas chinas sin marca propia. En la industria de la computadora, los márgenes brutos de ganancia son de alrededor de 15% en relación con 30% de la industria de los televisores. Empresas como Dell venden directamente a los consumidores, lo que le representa una economía de costos de entre 10 y 20 por ciento (*Business Week*, 9 de diciembre de 2003).

vertirá en uno de los de mayor crecimiento en la industria electrónica.[24]

En cuanto a la articulación de la industria hacia afuera, tiene lugar una incorporación más acentuada en otras industrias tecnológicas. En la automovilística, por ejemplo, se espera que el contenido de componentes electrónicos de los automóviles aumente por arriba de 30%. Lo mismo sucede en nuevas industrias poco tocadas por la tecnología, como las de instrumentos de precisión y la aeronáutica, que tenderán a integrarse en términos tecnológicos y productivos con la electrónica, e inaugurarán con ello un ámbito de expansión muy vasto y dinámico en el periodo de recuperación.[25]

La restructuración tecnológica productiva de la industria electrónica mundial se expresa en el crecimiento de las exportaciones entre 2000 y 2003 de la electrónica de consumo en 27% y de los instrumentos de precisión en 22%, mientras que las del complejo de computadoras se estancaron y las de equipo de telecomunicaciones y componentes y semiconductores se contrajeron de manera considerable, como muestra el cuadro 1.

Esta restructuración implica una profundización de la división interindustrial del trabajo, consistente en una nueva oleada de relocalización y subcontratación de la producción y los servicios en escala global, enfocados en actividades productivas de diseño y servicios intensivas en conocimiento y de alto valor agregado, y, como contraparte, la acentuada incorporación al proceso de países con niveles medios de desarrollo científico-educativo y bajos costos laborales.[26]

La ampliación de los radios de acción del microprocesador y la digitalización, con la consecuente convergencia tecnológica, implica una expansión aun más acentuada de la fase de concepción y diseño, en relación con la de manu-

C U A D R O 1

EXPORTACIONES MUNDIALES DE LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA, 2000-2003 (MILLONES DE DÓLARES)

Sectores	2000	2001	2002	2003	Crecimiento 2000-2003 (%)
Complejo de computadoras	323 170	294 969	280 324	323 779	0.19
Componentes y semiconductores	262 629	200 756	205 109	238 550	– 9.17
Equipo de telecomunicaciones	206 231	187 448	173 447	185 177	–10.27
Instrumentos de precisión	125 790	126 110	129 001	154 197	22.58
Electrónica de consumo	66 713	64 953	70 182	84 641	26.87
Total	*984 533*	*874 236*	*858 063*	*986 344*	*0.18*

Fuente: elaboración propia con base en UNCTAD-OMC, *International Trade Statistics*, varios años.

24. De 2003 a 2007 se prevé un crecimiento anual promedio de 45.4% de los dispositivos de consumo, entre los que se cuentan las ventas de televisores digitales (40%), celulares con cámara fotográfica (68%), DVD (54%), consolas de videojuegos (16%) y grabadores digitales de video (39%).
25. La industria está formada por un conjunto de instrumentos, equipos y dispositivos de diversa naturaleza y tecnología de origen: equipo médico, de laboratorio y navegación, sensores, dispositivos de chequeo y control de procesos y de medición (sólidos y líquidos), cámaras y lentes fotográficos o relojería.
26. Destacan los casos de China, India, Taiwan y Rusia (S. Ordóñez y A. Dabat, *op. cit.*, y *Electronic Business*, 24 de noviembre de 2003).

factura en el proceso productivo, lo que obliga a las empresas fabricantes de equipo original (*original equipment manufacturers*, OEM)[27] a acentuar el fraccionamiento de los procesos de concepción y diseño, su relocalización internacional y subcontratación en empresas fabricantes de diseños originales (*original design manufacturers*, ODM).[28] Ello tiene lugar, sin embargo, en una situación en la que las empresas manufactureras de equipo original concentran una mayor proporción del ingreso tecnológico, lo que tiende a disminuir los márgenes de ganancia en el resto de la cadena de valor. Este proceso origina una restructuración de los estratos funcionales de las empresas manufactureras de diseño originales y contratistas manufactureros, en términos del ascenso industrial en la cadena de valor, con la finalidad de contrarrestar la disminución de los márgenes de ganancia, a partir de los siguientes procesos: a] ascenso de empresas fabricantes de diseños originales y su conversión en compañías manufactureras de equipo original de marca;[29] b] ascenso de empresas contratistas manufactureras al desarrollo de actividades de concepción y diseño, a partir de procesos endógenos, o bien por medio de adquisiciones de empresas dedicadas al diseño original,[30] y c] diversificación de los procesos de concepción y diseño por estas empresas con el fin de lograr economías de escala.[31]

RECONVERSIÓN Y NUEVA MODALIDAD DE DESARROLLO DE LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA EN MÉXICO

Agotamiento de la modalidad precedente y pérdida de posiciones en los mercados internacionales

La modalidad de desarrollo seguida por la industria electrónica en México durante el periodo de expansión de la industria electrónica mundial tuvo las siguientes características: *1)* preeminencia de la empresa transnacional, sobre todo la estadounidense, en todos los niveles de la nueva división interindustrial del trabajo; *2)* incorporación incipiente de algunas fases de diseño y concentración en los procesos de manufactura y ensamble; *3)* inserción internacional basada de manera fundamental en bajos costos laborales y productos de bajo valor agregado, reducida variedad de componentes producidos en grandes series, y *4)* predominio de la integración en las cadenas de valor globales en relación con la asociación de las cadenas internas y la incorporación de empresas locales en el proceso (éstas se integran casi de manera exclusiva como proveedoras de segundo círculo).[32]

Hacia finales del periodo de expansión de la industria electrónica mundial, esta modalidad de desarrollo comenzó a mostrar signos de agotamiento, que se expresó en un incremento del costo laboral unitario medido en dólares (CLU). Este costó subió de 56.3 en 1999 a 58.8 en 2000 (medido con base en un índice 1990 = 100) y se acentuó durante la crisis hasta llegar a 70.4 en 2001 (véase el cuadro 2). Lo anterior fue consecuencia de los siguientes procesos: *1)* la tendencia a la apreciación del peso que inició en 1996 (aunque interrumpida por los efectos de la crisis rusa y asiática en 1998 en los mercados de cambios internacionales, esta tendencia continuó de 1999 a 2002), y *2)* los propios límites estructurales al incremento de la productividad de la industria derivados de la falta de eslabonamientos hacia atrás en las cadenas de valor, en particular con el sector de componentes y semiconductores, y de la ausencia de integración de esas cadenas en el conjunto de la industria.

A los límites estructurales propios de la industria, se agregan los siguientes problemas derivados de su articulación macroeconómica: *1)* falta de desarrollo del sector científico educativo y escasa articulación con la industria, proceso que

27. Son empresas dueñas de marca e integradoras de redes globales que con la nueva división interindustrial del trabajo tienden a especializarse en la concepción, el diseño, la distribución y el mercado, así como a delegar en nuevos estratos de empresas la manufactura (contratistas manufactureros) y los servicios relacionados con la producción y el consumo de los productos (contratistas de servicios). S. Ordóñez, "La nueva división interindustrial del trabajo y empresas electrónicas en México", *Globalización y cambio tecnológico, México en el nuevo ciclo industrial mundial*, Juan Pablos-UNAM, 2004, pp. 407-475.
28. Con el fraccionamiento o la relocalización internacional de las actividades de concepción y diseño, las empresas manufactureras de equipo original obtienen las siguientes ventajas: a] reducción de costos en alrededor de 40%; b] acceso a trabajadores calificados y de bajo costo internacional, en un periodo en que Estados Unidos y tal vez otros países desarrollados están formando menos ingenieros electrónicos; c] creación de ciclos de desarrollo de 24 horas, y d] ubicación de actividades de investigación y desarrollo cerca de los mercados actuales o futuros (*Electronic Business*, 1 de marzo de 2004). En 2003 la relocalización internacional de los procesos de concepción y diseño de producto aumentaron cerca de 40% y en 2004 casi 30% (*Electronics News*, 31 de enero de 2004).
29. Por ejemplo, la empresa taiwanesa Ben Q, que surgió de la división de comunicaciones y multimedia de Acer, comenzó en 2001 a comercializar productos con su propia marca, que incluyen teléfonos móviles, reproductores MP3, cámaras digitales, monitores LCD, televisores, digitalizadores y DVD (*Electronic Business*, 1 de septiembre de 2004).
30. Por ejemplo, en 2003 Flextronics adquirió Microcell Group (empresa manufacturera de diseños originales de teléfonos móviles), Hon Hai hizo lo propio con Ambit Microsystems (especializada en ruteadores, módems y equipo de redes) y Sanmina-SCI con Newisys (manufacturera de diseños originales de diseño y manufactura de servidores). *Electronic News*, 31 de enero de 2004.
31. Es la estrategia seguida por Quanta Computer, empresa taiwanesa que hace diseño de cuadernos electrónicos (*notebook computers*) para otras empresas (*ibid.*, y S. Ordóñez y A. Dabat, *op. cit.*).
32. *Ibid.*

sólo tiene lugar de forma espontánea en algunos agrupamientos regionales;[33] *2)* rezago de la infraestructura traducido en el alto costo de las telecomunicaciones e insuficiencias del sistema carretero y portuario,[34] y *3)* inadecuada regulación y normatividad, basada en la libre importación temporal para la reexportación, modalidad que contribuye a la falta de articulación de las cadenas de valor y la exclusión de la integración de empresas locales en el proceso.[35] Todo lo anterior repercutió en una disminución del flujo de inversión extranjera en la industria a partir de 2000 (véase el cuadro 2).

33. Es el caso del distrito industrial de Guadalajara, situación que tal vez sea similar en Tijuana, Mexicali y Cuidad Juárez (producción de televisores) y en los agrupamientos industriales del centro-norte de Aguascalientes y centro del Estado de México. Pero no existe una política nacional de articulación del sector científico educativo con el conjunto de la industria, como en China y otros países.
34. United States International Trade Commission, *The Lickely Impact on the US of a Free Trade Agreement with Mexico*, Washington, marzo de 1991, p. 432, y E. Dussel y C. Ruiz D., *North American Integration and Development: The Computer Industry*, borrador, 2000.
35. S. Ordóñez, "La nueva industria electrónica en México en el contexto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte", *El impacto del TLCAN en México a los diez años*, Centro de Investigaciones sobre América del Norte (Cisan)-UNAM, 2004, p. 25, y Secretaría de Economía, *Programa de competitividad de la industria electrónica y de alta tecnología*, México, 2002.

Sin embargo, a diferencia de la expansión de la industria electrónica mundial, que alcanzó su nivel máximo en 2000, para luego contraer su comercio y producción en 2001 y los primeros meses de 2002, la industria electrónica en México prolongó el crecimiento de su comercio internacional en 2001, si bien a tasas muy inferiores en relación con los años anteriores —sobre todo en las exportaciones—, para luego contraerse desde 2002 hasta el primer trimestre de 2004 (véase la gráfica 3).

El crecimiento continuo del comercio internacional en 2001 se origina en los siguientes tres procesos que conjuntan nuevas tendencias y elementos coyunturales, que en conjunto retrasaron el efecto de la crisis mundial sobre la industria: *1)* el aumento de las exportaciones a Estados Unidos en los subsectores de equipos tanto de cómputo como de recepción de radio y televisión, además de instrumentos de precisión, a pesar de la baja en las importaciones estadounidenses de esos productos;[36] *2)* el probable mantenimiento del flujo

36. ONU, *International Trade Statistics*, <www.intracen.org>, y U.S. *Infotech Statistics*.

C U A D R O 2

MÉXICO: INDICADORES DE LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA, 1990-2001 (PESOS DE 1993, MILLONES DE DÓLARES Y PORCENTAJES)

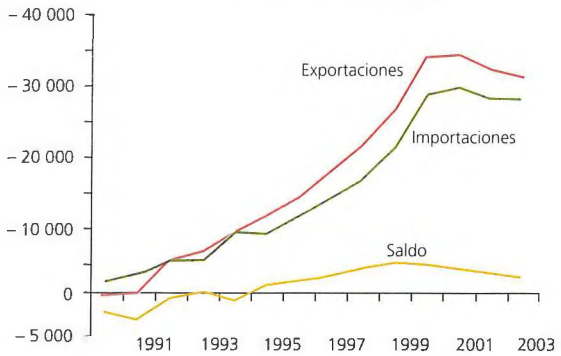
Indicadores	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Valor agregado bruto[1] (en millones)	10 308	10 040	10 558	11 313	15 292	19 639	25 239	32 093	39 622	48 192	62 172	55 333
Porcentaje en el total de la producción manufacturera[2]	4.50	4.26	4.20	4.57	5.86	7.81	9.18	10.65	12.02	13.63	15.91	15.69
Tasa de crecimiento anual	22.08	−2.60	5.16	7.15	35.17	28.42	28.51	27.16	23.46	21.63	29.01	−11.00
Personal ocupado	172 512	175 675	176 097	183 609	192 065	196 707	226 000	270 756	305 080	330 907	384 248	347 527
Porcentaje en el total del personal ocupado en la manufactura	5.27	5.31	5.21	6.55	5.93	6.41	6.89	7.59	8.09	8.49	9.31	8.88
Tasa de crecimiento anual	5.47	1.83	0.24	4.27	4.61	2.42	14.84	19.80	12.68	8.83	15.29	−2.5
Remuneración media anual	21 524	21 262	21 203	20 861	21 968	20 305	18 872	19 163	19 915	20 220	21 515	23 158
Productividad[3]	59 750	57 151	59 955	61 616	79 622	99 840	111 677	118 533	129 874	145 636	161 801	159 218
Índice de productividad	100.00	95.65	100.34	103.12	133.26	167.10	186.91	198.38	217.36	243.74	270.79	266.47
Índice del costo laboral unitario (CLU) en pesos de 1993[4]	100.00	103.28	98.18	93.99	76.59	56.46	46.91	44.88	42.57	38.59	36.91	40.38
Índice del costo laboral unitario (CLU) en dólares	100.00	119.13	127.84	131.76	109.97	55.99	52.89	58.57	55.81	56.32	58.85	70.37
IED (millones de dólares)	–	–	–	–	257	573	571	655	661	1 535	821	271

1. No corresponde al contabilizado por el INEGI y es resultado de la aplicación para el segmento industrial de maquila del coeficiente de corrección, consumo intermedio/valor bruto de la producción (CI/VBP) del segmento reconvertido (S. Ordóñez, "La nueva división interindustrial del trabajo y empresas electrónicas en México", *Globalización y cambio tecnológico. México en el nuevo ciclo industrial mundial*, Juan Pablos-UNAM, México, 2004, y S. Ordóñez y A. Dabat, *Revolución informática y nuevo ciclo industrial: la nueva industria electrónica de exportación en México*, IIEC-UNAM, en prensa, 2005). 2. Se refiere a la participación de la producción bruta de la industria electrónica en la del total de la industria manufacturera. 3. Resultado del cociente entre el valor agregado bruto y el personal ocupado en pesos de 1993. 4. Es la participación de la remuneración media anual en la productividad (VAB/personal ocupado).

Fuente: elaboración del autor, con base en INEGI y Secretaría de Economía, 2002.

G R Á F I C A 3

COMERCIO EXTERIOR MUNDIAL DE LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA, 1990-2003 (MILLONES DE DÓLARES)



Fuente: elaboración propia con base en UNCTAD-OMC, *International Trade Statistics*, varios años.

de exportación de México a la Unión Europea en 2001, en relación con 2000,[37] a pesar de la disminución de 12% de las importaciones de productos electrónicos que registró el bloque europeo. Es posible que en ese resultado influyera el Tratado de Libre Comercio entre el país y la Unión Europea,[38] así como el proceso de revaluación del euro en relación con el dólar, y en consecuencia con el peso, que tuvo lugar de agosto a diciembre de 2001, lo que disminuyó el precio de las exportaciones mexicanas en euros.[39] Lo anterior, sumado a lo que se mencionó antes en este apartado, dio como resultado un incremento de las exportaciones del complejo de computadoras en 12.4% y de la electrónica de consumo en 3.4%, pero en particular de los instrumentos de precisión (18.8%),[40] y *3)* la apreciación del peso en relación con el dólar que favoreció la continuación del flujo de importaciones.[41]

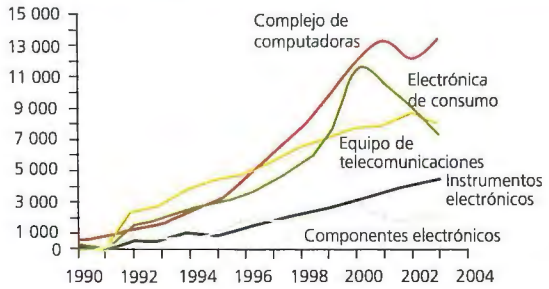
A pesar de la contracción de las exportaciones totales desde 2002 hasta inicios de 2004, algunos sectores continuaron incrementando sus exportaciones en 2002 y 2003: *1)* el de instrumentos de precisión lo hizo de manera ininterrumpida con un crecimiento de 17.5% en ese periodo; *2)* el complejo de computadoras aumentó el monto exportado en el conjunto del periodo en 1.2%, pero después de una contracción en 2002, y *3)* la electrónica de consumo incrementó sus envíos apenas en 0.6%, pero de 2002 a 2003 se observa una disminución. Por el contrario, en los sectores de componentes y semiconductores, y equipo de telecomunicaciones, la contracción inició desde 2001[42] y se prolongó hasta 2003 (–29.1 y –32.9 por ciento en 2000-2003, respectivamente); aun cuando este último año dio comienzo un proceso de recuperación en el primer sector, en el equipo de telecomunicaciones persistió una fuerte contracción (véase la gráfica 4).

Las exportaciones sectoriales a Estados Unidos, que absorbieron alrededor de 80% de los envíos totales, tuvieron un comportamiento diferente, puesto que tuvo lugar una importante caída de las exportaciones del complejo de computadoras de –25.4% en 2001-2004, que no se recuperaron sino de manera leve hasta el último año —a diferencia de las ventas mundiales que lo hicieron a partir de 2003—, lo que indica una reorientación de las exportaciones del subsector en detrimento de Estados Unidos. En cambio, los envíos de la electrónica de consumo y el equipo de telecomunicaciones experimentaron una importante recuperación a partir de 2004 —en el primero mayor que en el segundo—, con lo que sus montos de exportación superaron a los del complejo de computadoras,[43] en sentido contrario a lo que ocurrió con las exportaciones totales (véase la gráfica 5).

37. Se trata de una hipótesis que no se ha podido confirmar por que no hay datos sobre las exportaciones de la industria electrónica de México a la Unión Europea en 2001. Sin embargo, sí hay información para años precedentes, que muestra un crecimiento acelerado de los envíos electrónicos, muy por arriba del conjunto de las exportaciones, con el consecuente aumento de su peso relativo en el total; así, en el segundo semestre de 1999 aquéllas crecieron 6% en relación con el primero, contra –5.6% del total y un peso relativo de 13.6%; en el primer semestre de 2000, las cifras fueron 58.6, 46.5 y una participación de 14.7 por ciento, respectivamente, y en la segunda mitad del mismo año las cifras fueron de 23, 6.4 y 17 por ciento, para alcanzar un monto de 554 millones de euros. En el mismo periodo, las exportaciones de México observaron un mayor dinamismo que las de América Latina en su conjunto, pues pasaron de un peso relativo de 39.5% en el primer semestre de 1999 a uno de 55% en el segundo semestre de 2000 (Eurostat Comext Data). Además de estos antecedentes, la hipótesis se basa en los argumentos que se explican en el texto.
38. El Tratado, que entró en vigor en julio de 2000, trajo consigo la inmediata liberalización de las exportaciones de México de equipo electrónico y de telecomunicaciones (Concamin-Compe-TLCUE, consultado el 25 de septiembre de 2003).
39. En el periodo agosto-diciembre de 2001 la cotización promedio peso-euro fue de 8.22 y en los cinco meses precedentes, de 7.98 <www.x-rates.com>. Como resultado de los procesos referidos, en 2000 las exportaciones a Estados Unidos representaron 79.8% del total, proporción que disminuyó a 77.8% el año siguiente (U.S. Census Bureau <www.census.gov/>, y ONU, *op. cit.*).
40. *Ibid.*
41. Basado en la comparación de la evolución del índice de precios al consumidor en México y Estados Unidos a partir de 1989 (1989 = 100), el tipo de cambio real en 2001 era de 10.02 y el tipo de cambio de mercado de 9.31, por lo que este último se sobrevaluó en 7.01% (Fondo Monetario Internacional, Base de datos, <www.imf.org>, consultado en septiembre de 2004).
42. La baja fue de –33.3 y –3 por ciento, respectivamente (ONU, *op. cit.*).
43. Las exportaciones a Estados Unidos se contrajeron 15% en el periodo 2000-2003, lo que afectó los sectores en el siguiente orden: componentes y semiconductores (–31.7%), equipo de telecomunicaciones (–20.9%), complejo de computadoras (–17.2) y electrónica de consumo (–0.7 por ciento).

G R Á F I C A 4

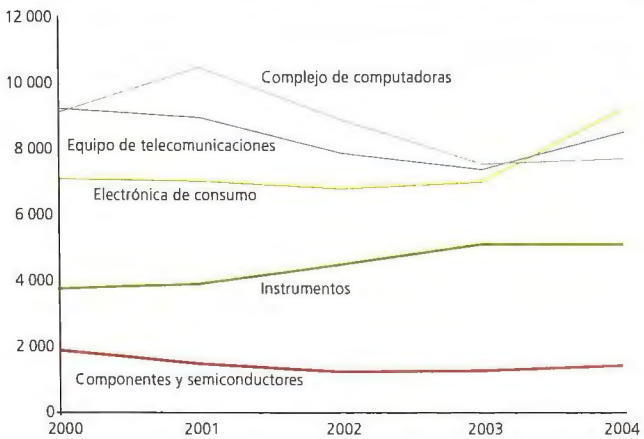
EXPORTACIONES SECTORIALES DE LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA, 1990-2004 (MILLONES DE DÓLARES)



Fuente: elaboración propia con base en UNCTAD-OMC, *International Trade Statistics*, varios años.

G R Á F I C A 5

EXPORTACIONES DE LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA DE MÉXICO A ESTADOS UNIDOS, 2000-2004 (MILLONES DE DÓLARES)



Fuente: Bureau of Economic Analysis, Departamento de Comercio de Estados Unidos, varios años.

En consecuencia, la contracción de las exportaciones se prolongó hasta comienzos de 2004, no obstante el inicio de la recuperación mundial hacia la segunda mitad de 2002 y 2003, y el incremento de las importaciones de Estados Unidos (4.5%) en el último año.

La crisis de la industria electrónica mundial precipitó entonces el agotamiento de la modalidad de desarrollo precedente de la industria, con el consecuente retraso en su recuperación, lo que se expresó en una pérdida de posiciones en el mercado mundial y, en particular, en el estadounidense: el peso relativo en las exportaciones mundiales disminuyó de 3.5% en 2000 a 3.4% en 2003, mientras que países competidores como China o Hungría aumentaron su participación de 5.2 a 12.6 por ciento y de 0.7 a 1.2 por ciento, respectivamente. Otros países ganaron en detrimento de México una acelerada participación en el mercado estadounidense, como Malasia en equipo de cómputo[44] (cuyo crecimiento anual en el lapso 2001-2003 fue de 28%), Costa Rica en semiconductores (38.6%) y Brasil en equipo de telecomunicaciones (15%).[45]

Reconversión y nueva modalidad de desarrollo

La recuperación de la industria se sustentó en una rápida reorientación de su modalidad de desarrollo, consistente en un proceso de ascenso industrial en las cadenas globales de valor y la reorientación de la producción hacia sectores o subsectores emergentes o de alto dinamismo, todo ello en el transcurso de la restructuración de la industria electrónica mundial.

En particular, el proceso de avance industrial en las cadenas globales de valor tuvo las siguientes características: a] ascenso industrial al diseño, y b] avance industrial a procesos de manufactura más intensivos en conocimiento, de mayor valor agregado y productos que requieren de una mayor variedad de componentes, así como la producción de series más reducidas.

Ascenso industrial hacia el diseño

Tuvo lugar mediante las modalidades del desarrollo de centros de diseño por parte de las empresas manufactureras de equipos originales globales como Intel, ST Semiconductors o Global Vantage, o el desarrollo de empresas fabricantes de diseños originales locales que se incorporan en el proceso de fraccionamiento y relocalización internacional del diseño, como Mixbaal, Resser o Asci.[46]

44. De 2001 a 2003 Malasia mantuvo su participación de 5.3% en las exportaciones mundiales (*ibid.*).
45. S. Ordóñez y A. Dabat, *op. cit.*
46. Intel fundó en 2000 un centro de diseño de semiconductores para telecomunicaciones, y ST Semiconductors planea hacerlo en 2005. Las empresas locales que se integran al proceso lo hacen en nichos específicos donde llevan a cabo diseños propios o actúan como contratistas en el diseño de semiconductores, circuitos impresos, hardware y software. Cadena Productiva de la Electrónica (Cadelec), *Jalisco Electronic Cluster*, ponencia presentada en noviembre de 2004 y entrevistas de noviembre de 2004.

Centros de diseño de las empresas manufactureras de equipos originales globales: el caso de Intel

El centro de diseño de Intel en Guadalajara pertenece a la división de comunicaciones de la empresa y orienta su actividad al diseño y la prueba de circuitos integrados que se usan en la industria de telecomunicaciones, en particular en las de base óptica. A partir de 2002 se especializó en la validación de *chip sets* para servidores,[47] un proceso en tres fases: a] diseño de circuitos integrados, b] elaboración de software y c] planes de pruebas en un ciclo de diseño, con una duración de dos años, que incluye desde el bosquejo de esos circuitos hasta su proceso de manufactura. El producto más importante de esa compañía jalisciense consiste en la representación funcional del circuito integrado, la elaboración de éste, y luego la prueba de su funcionalidad en la práctica. Después se lleva a cabo la manufactura de los circuitos integrados en las plantas de Intel ubicadas en Estados Unidos o bien en empresas subcontratistas (*foundries*).[48]

El centro de diseño de Intel en Guadalajara inició sus operaciones en 2000, luego de que esta empresa adquiriera Tele Data-Comunicaciones (TD-Com), que surgió para integrarse al proceso de fraccionamiento y relocalización internacional del diseño de equipo de telecomunicaciones en 1998.[49] Antes de su adquisición, TD-Com realizaba numerosos proyectos de diseño para Intel.

Otros centros son los de Gobal Vantage (diseño aeroespacial), Siemens VDO (hardware y software orientado a la industria automovilística), Cadimex (diseño mecánico), ST Microelectronics, Hewlett Packard (hardware y software para manejadores de impresoras) e IBM (software).[50]

Desarrollo de empresas fabricantes de diseños originales locales: el caso de Asci

De capital mexicano, Asci es una empresa manufacturera de diseños originales que lleva a cabo investigación y desarrollo para otras empresas mediante procesos de subcontratación, sobre todo de software en 85%, hardware (10%) y de tipo mecánico (5%). El desenvolvimiento de sus capacidades ha estado muy ligado al diseño de manejadores de papel para impresoras por parte del centro de diseño de Hewlett Packard (HP) en Guadalajara, empresa a la que dirige de 60 a 65 por ciento de su volumen de operaciones,[51] relación a partir de la cual ha desarrollado capacidades principalmente en: a] interconexión de dispositivos electrónicos desde el firmware (software inmerso en el hardware de un dispositivo), b] inspección óptica automática y c] software para automatización de líneas de producción.

El desarrollo de estas capacidades se traduce tanto en la diversificación de las empresas fabricantes de equipos originales que les subcontratan diseño[52] como en una buena posición frente al ascenso en las cadenas de valor globales de la industria, puesto que ello requiere la automatización de las líneas de producción de circuitos impresos y la sustitución de la inspección visual por la óptica automática en dichas líneas.

El diseño que Asci realiza se exporta en 90% a empresas ubicadas de manera principal en Estados Unidos, y el restante 10% se dirige al mercado nacional.[53]

Otras empresas dedicadas a los diseños originales locales han desarrollado las siguientes capacidades: a] diseño de software y hardware, como Resser, Quest y Advanced Technology Research (ATR); b] diseño de circuitos integrados y electrónico, como Mixbaal; c] diseño de firmware y electrónico como (DDTECH); d] diseño de equipo de prueba

47. El microprocesador es el cerebro del servidor y el *chip set* es el sistema nervioso, que transmite los impulsos del cerebro al exterior y viceversa (entrevista con representantes de la empresa en noviembre de 2004).
48. Lo común es que Intel manufacture sus propios circuitos integrados, pero recurre a empresas subcontratadas cuando la demanda sobrepasa su capacidad instalada. Existen centros de diseño de Intel con un perfil similar en países como Rusia, China e India (entrevista con representantes de la empresa en noviembre de 2004).
49. TD-Com fue fundada por un grupo de ingenieros egresados del Centro de Tecnología de Semiconductores (CTS), perteneciente al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional, por lo que a TD-Com se le puede considerar una empresa derivada de esa institución académica. En la actualidad, el centro de Intel tiene 100 trabajadores, de los cuales de 85 a 90 por ciento son ingenieros (15% con doctorado, 50% con maestría y 20% con licenciatura) y técnicos el porcentaje restante (entrevista con representantes de la empresa en noviembre de 2004).
50. El centro de diseño de ST Microelectronics comenzó a operar a principios de 2005. Los centros de Hewlett Packard (HP) e IBM ya existían antes de la crisis, incluso HP es pionera en este campo, ya que fundó su centro de investigación en 1982 (S. Ordóñez, "La nueva división...", *op. cit.*).
51. Asci se estableció en 1993 y para entonces desarrollaba software. En el periodo 1994-1995 comenzó su proceso de expansión a partir del diseño de un *driver* (circuito integrado que tiene entradas para conectar otro circuito) para impresoras de HP, destinado al mercado europeo. En la actualidad todavía fabrica esos circuitos y enchufes para impresoras y circuitos de pruebas para computadoras y certificación de compatibilidad de las plataformas de impresión de HP. Ésta le proporciona a Asci alrededor de 20 proyectos anuales (entrevista con representantes de la empresa en noviembre de 2004).
52. Otros clientes son General Purpose Interface (GPI) y Hitachi (diseño de firmware de interconexión de dispositivos), Plantet Video (firmware y hardware para máquinas tragamonedas), Cannon y Kodak (entrevista con representantes de la empresa en noviembre de 2004).
53. En la actualidad, Asci tiene 100 trabajadores, 70 de los cuales son ingenieros, de 10 a 15 son técnicos y el resto es personal administrativo. Asimismo, ocho patentes de la empresa están en proceso (entrevista con representantes de la empresa en noviembre de 2004).

como Insol, y e] diseño de circuitos impresos y electrónico como Mexikor, Seriie y Gollet.[54]

Ascenso industrial hacia la manufactura de procesos más intensivos en conocimiento y de mayor valor agregado

Hay una relación directamente proporcional entre los *costos relacionales*, es decir, los costos de la relación operativa entre la empresa fabricante de equipos originales y su contratista manufacturera,[55] y la complejidad tecnológica de los productos, además de una relación inversamente proporcional entre el volumen de las series de productos y los costos de transporte. Por esto, las ventajas competitivas de México frente a la producción no relocalizada (que se lleva a cabo en Estados Unidos) y la de relocalización lejana (en Asia y de manera específica en China) radican en artículos que se producen en series medianas e incluyen una alta variedad de componentes electrónicos. Esto obedece a que el mayor costo unitario de producción en relación con la relocalización lejana en China es compensado por menores *costos unitarios relacionales* y menores costos unitarios de transporte, como se muestra en el cuadro 3.

En el caso de los artículos que se producen en series pequeñas y contienen una alta variedad de componentes, el menor costo de producción en México, en relación con la producción no relocalizada que se lleva a cabo en Estados Unidos, no compensa los menores *costos relacionales* y de transporte en este último país, y viceversa, en el caso de los artículos que se producen en grandes series y requieren de una variedad reducida de componentes, los menores costos unitarios de producción en la relocalización lejana en China son de tal magnitud[56] que compensan los mayores costos relacionales y de transporte, proporcionalmente menores, en particular los primeros, frente a los otros tipos de producto.

De lo anterior resulta que, ante el agotamiento de la antigua modalidad de desarrollo, la industria haya encontrado salida a la crisis en el ascenso en las cadenas de valor globales, orientadas a procesos de manufactura más intensivos en

54. Cadelec, *op. cit.*
55. El costo relacional incluye todos los costos operativos que se originan cuando las compañías fabricantes de equipos originales no realizan los procesos de manufactura de sus productos, sino que los encargan a empresas subcontratistas dedicadas a dicha manufactura.
56. En este caso la reducción de costos se deriva principalmente del acceso a componentes asiáticos de bajo precio, que representan alrededor de 79% de los costos de producción totales de un circuito impreso, y, de modo marginal, de los costos laborales que representan 10% (*Electronic Business*, 1 de marzo de 2005).

C U A D R O 3

ESTADOS UNIDOS, MÉXICO Y CHINA: VENTAJAS COMPETITIVAS SEGÚN LA COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA DEL PRODUCTO Y EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN PARA LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS DE EQUIPOS ORIGINALES (DÓLARES)

	Estados Unidos	México	China
Producto A: pequeña serie de alta variedad de componentes, ensamble de circuito impreso y fabricación de la caja (gran gabinete para la industria médica). Volumen anual medido en 1 000			
Precio de venta en fábrica	1 984	1 945	1 938
Costo de transporte	–	17	26
Costo relacional[1]	30	73	110
Costo de la empresa manufacturera de equipos originales	2 014	2 035	2 074
Producto B: serie mediana de alta variedad de componentes, ensamble de circuito impreso para producto de telecomunicaciones. Volumen anual medido en 10 000			
Precio de venta en fábrica	1 307	1 284	1 272
Costo de transporte	1	3	5
Costo relacional	9	23	39
Costo de la empresa manufacturera de equipos originales	1 317	1 310	1 316
Producto C: gran serie de reducida variedad de componentes, ensamble de circuito impreso y fabricación de caja para producto de electrónica de consumo. Volumen anual medido en 100 000			
Precio de venta en fábrica	120.77	100.40	92.40
Costo de transporte	0.45	0.88	1.10
Costo relacional	0.56	1.57	2.36
Costo de la empresa manufacturera de equipos originales	121.78	102.85	95.86

1. Costo operativo de la relación de la empresa dedicada a los equipos originales con la empresa contratista manufacturera.

Fuente: *Electronic Business*, 1 de marzo de 2005.

conocimiento, de mayor valor agregado, con productos que requieren una alta variedad de componentes y se fabrican en series medianas.

Por lo que respecta a las empresas manufactureras de equipos originales, en IBM-Guadalajara, por ejemplo, el ascenso industrial consistió en la reorientación hacia la producción de servidores y subsistemas de almacenamiento a partir de 1999[57] y en la subcontratación completa de la mayor parte de la manufacturera a la compañía Sanmina SCI. En ese sentido, la producción de servidores se subcontrató en 2003. Antes, el ensamble de computadoras personales se relocalizó en Monterrey.[58] De manera complementaria tuvo lugar la relocalización del ensamble de computadoras portátiles en China, previo a la adquisición de la división de computadoras de IBM por la empresa Lenovo a finales de 2004. Además se incrementaron las actividades de diseño de software[59] y se llevó a cabo el diseño de pruebas y manejo de líneas para la manufactura de servidores.

Por su parte, a partir de 2000 Texas Instruments (TI) transitó de la manufactura de semiconductores de baja complejidad[60] y reguladores de voltaje a la de censores, controles y semiconductores analógicos. Estos últimos, que convierten los estímulos físicos en señales digitales, se elaboran en su totalidad en la planta de Aguascalientes a partir de la oblea que se manufactura en Texas.[61] Asimismo, en relación con la familia de semiconductores, la planta de Aguascalientes incorporó la producción de módulos administradores de potencia en un circuito electrónico que se realizaba en Chicago. Esto debido a que TI compró la empresa Power Trending.

De manera adicional, la flexibilización de las reglas de origen impulsadas por el Programa de Promoción Sectorial de la industria electrónica[62] permitió la reconversión tecnológica de la producción de televisores y monitores de base analógica a la digitalización en las modalidades de pantallas de cristal líquido, plasma y luz orgánica; así, a partir de 2003, ocho empresas manufactureras de equipos originales ensamblan televisores con esos tipos de pantalla.[63]

En los contratistas manufactureros, el ascenso industrial y la reorientación a productos de series medianas y amplia variedad de componentes se ha traducido en los siguientes procesos: *1)* ascenso al diseño y servicios de introducción de nuevos productos; *2)* inclusión de novedosas tecnologías para el ensamble de circuitos impresos, como la microesfera de rayos en grilla (*micro ball grid array*: BGA),[64] junto al tradicional montaje de superficie (SMT) e incorporación de programas de ensamble de sistemas integrados; *3)* inclusión de análisis de productos y centros de prueba, y *4)* diversificación de la base de empresas productoras de equipos originales provistas de servicios.

Con anterioridad a la crisis, Flextronics había desarrollado actividades de diseño de prototipos de circuitos impresos,[65] proceso al que se agregó Solectron después de la crisis. Esta última empresa comenzó a desarrollar diseño de circuitos impresos y software, además de incorporar servicios de introducción de nuevos productos para las empresas manufactureras de equipos originales.[66]

Las nuevas tecnologías de ensamble de circuitos impresos permite el incremento de la densidad de componentes en un circuito integrado, lo que posibilita el aumento de la complejidad tecnológica de los productos. En el caso de Solectron, esto se ha acompañado de la aplicación de un sistema de trabajo de producción esbelta.[67] De manera adicional, los sistemas de ensamble permiten integrar conjuntos de dispositivos para conformar productos de mayores dimensiones físicas,

57. Se trata de productos con alta variedad de componentes, que se producen por tanto en pequeñas series. Los servidores tienen equipo Intel como base y los subsistemas de almacenamientos son cintas magnéticas capaces de guardar una gran cantidad de información de la cual no es necesario disponer en tiempo real (entrevista con el director general de IBM-Guadalajara en noviembre de 2004; para una visión completa de IBM antes de la crisis, véase S. Ordóñez, "Nueva fase de desarrollo...", *op. cit.*).
58. Además, en 2002 IBM vendió a Hitachi su división de lectores de disco duro, por lo que la manufactura de estos productos en Guadalajara pasó a ser propiedad de esta empresa (entrevista con el director general de IBM-Guadalajara en noviembre de 2004, y S. Ordóñez, "La nueva división...", *op. cit.*)
59. Incluyen plataformas para sistema operativo, imágenes de prueba y software empresarial (entrevista con el director general en noviembre de 2004).
60. Fueron relocalizados en Asia los semiconductores para tarjetas madre y para redes de telecomunicaciones (*Ibid.*).
61. El proceso consiste en pulidos de la oblea, corte, montura en armazón metálico, aplicación de enlaces de hilo de oro, encapsulado (inyección de plástico), singularizado, formalización y código, prueba y empaquetado. Se trata de un proceso automatizado con un radio hombre-máquina que va de cuatro a 12. La producción de sensores y controles es menos automatizada con un radio hombre-máquina de 1. TI-Aguascalientes contribuye con 10% de los ingresos totales de TI y emplea a 950 operarios en la producción de semiconductores y a 2 200 en la de sensores y controles (entrevista con representantes de la empresa en noviembre de 2004).
62. Con dicha flexibilización es posible la importación, con un arancel de 0-7%, de maquinaria, equipo y componentes de países ajenos al TLCAN para su reexportación (Glenn Mc Bride, consultado en internet el 2 de junio de 2004).
63. Samsung, Sony y LG Electronics ensamblan televisores con pantallas de cristal líquido y plasma, mientras que Sharp y Ben Q elaboran aparatos con la primera modalidad. A su vez, Hitachi, JVC y Panasonic ensamblan de manera exclusiva televisores de plasma (Secretaría de Economía, *Desempeño económico reciente* y *Programa de competitividad de la industria electrónica y de alta tecnología*, México, 2004).
64. La tecnología BGA posibilita la inserción de componentes en ambas caras del circuito.
65. S. Ordóñez, "La nueva división interindustrial...", *op. cit.*
66. El centro de introducción de nuevos productos tiene 40 ingenieros (entrevistas realizadas en varias empresas en noviembre de 2004, y B. White, "A Rejuvenated Guadalajara", *Kaufman Bross. Equality Research*, marzo de 2004).
67. *Ibid.*

C U A D R O 4

COMPOSICIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SOLECTRON EN 2002 Y 2004 (PORCENTAJE DEL INGRESO)

	2002	2004
Gran serie / reducida variedad de componentes	75	45
Serie mediana / mediana variedad de componentes	25	31
Sistemas	–	5
Pequeña serie / alta variedad de componentes	–	19

Fuente: B. White, "A Rejuvenated Guadalajara", *Kaufman Bros and Equality Research*, marzo de 2004.

lo que facilita a empresas como Jabil Circuits, Sanmina SCI y Solectron realizar ensambles de circuitos impresos en Asia para dirigirlos después a procesos de ensamble de sistemas en México, que han incrementado su peso relativo en los ingresos de los contratistas manufactureros.[68]

Los centros de análisis y prueba de producto posibilitan un servicio integral a las empresas manufactureras de equipos originales, cuyo número provisto por los contratistas manufactureros se ha incrementado debido a que conforme aumenta la complejidad tecnológica de los productos disminuye el tamaño de sus series, lo que obliga a incrementar el número de clientes para lograr economías de escala. Por ejemplo, Jabil Circuits aumentó su número de clientes de seis en 2001 a 18 en 2004.[69]

El cuadro 4 ilustra el cambio en la composición de la producción de los contratistas manufactureros.

Sin embargo, algunos productos que implican grandes series y variedad de componentes reducida, cuya producción se había relocalizado en Asia durante la crisis, se están ubicando de nuevo en México por el incremento de algunas tarifas de importación fuera del TLCAN. Es el caso de los teléfonos celulares que ahora fabrica Flextronics.[70]

Reorientación a sectores emergentes o de alto dinamismo

La restructuración de la industria electrónica mundial y las ventajas competitivas específicas de México, en cuanto a la producción no relocalizada y la de reubicación lejana, determinan una pérdida relativa del peso en la producción de los sectores de esa industria que dinamizaron el periodo de expansión y una reorientación hacia los siguientes subsectores: *1)* integración de sistemas electrónicos en computación de alto nivel (servidores), sistemas de almacenamiento de información y equipo para redes de telecomunicación inalámbricas, alámbricas y de base óptica; *2)* instrumentos y equipo médico; *3)* electrónica automovilística, aeroespacial y militar, y *4)* electrónica industrial.[71] El cuadro 5 muestra el aumento del peso de algunos de esos subsectores en el ingreso de empresas contratistas manufactureras seleccionadas.

C U A D R O 5

SECTORES EMERGENTES O DE ALTO DINAMISMO EN EMPRESAS CONTRATISTAS MANUFACTURERAS SELECCIONADAS, 2004 (PORCENTAJE DEL INGRESO)

Sectores	Flextronics	Solectron	Jabil Circuits
Electrónica industrial e instrumentos médicos	13	–	–
Equipo para redes de telecomunicaciones	7	6	26
Electrónica automovilística	–	6	–

Fuente: B. White, "A Rejuvenated Guadalajara", *Kaufman Bros and Equality Research*, marzo de 2004.

En términos agregados, la nueva modalidad de desarrollo se traduce en los siguientes cambios en la dinámica exportadora: a] el incremento sostenido de las exportaciones de los subsectores de instrumentos electrónicos y la electrónica de consumo, así como de la subrama de equipo de manufactura para semiconductores (de 2001 a 2003, las exportaciones a Estados Unidos de esos subsectores crecieron 80%);[72] b] la reorientación geográfica de los envíos del complejo de computadoras, en detrimento de Estados Unidos, y c] la importante recuperación de las exportaciones de equipo de telecomunicaciones a ese país en 2004.

La nueva modalidad de desarrollo se caracteriza, en consecuencia, por los siguientes procesos: *1)* la continuación de la preeminencia de la empresa transnacional, sobre todo

68. Por ejemplo en Solectron aumentaron de 30 a 40 por ciento en 2003 y de 40 a 45 por ciento en 2004. *Ibid.*
69. *Ibid.*
70. A fines del decenio de los noventa esta empresa producía teléfonos celulares. En 2000, las operaciones se relocalizaron en Asia durante la crisis, pero luego regresaron a México a mediados de 2003 (*ibid.*).
71. Algunos productos son servidores, cajas plásticas para dispositivos, tarjetas inalámbicas, modems inalámbricos, equipo de infraestructura de telecomunicaciones, localizadores, productos de almacenamiento de información, cajeros automáticos, partes para automóviles, terminales de venta y equipo óptico (Cadelec, *op. cit.*, y entrevistas realizadas en empresas de Guadalajara en noviembre de 2004).
72. S. Ordóñez y A. Dabat, *op. cit.*

estadounidense, en todos los niveles de la nueva división interindustrial del trabajo, aunque tiene lugar un importante proceso de incorporación de empresas manufactureras de diseños originales nacionales; *2)* el desarrollo del diseño y de la manufactura compleja, y pérdida de importancia de los procesos de ensamble; *3)* la inserción internacional basada sobre todo en bajos costos laborales y productos con intensidad media en conocimiento y valor agregado, alta variedad de componentes y producidos en series medianas, y *4)* predominio de la integración en la división internacional del trabajo de la industria mundial y en las cadenas de valor globales, en relación con la integración de cadenas de valor internas y la incorporación de empresas locales en el proceso.

No obstante la importancia del ascenso industrial en las cadenas de valor globales, se trata de un proceso que tiene lugar de manera básicamente espontánea y defensiva. Por ende, no resulta de una política activa de promoción del ascenso y la orientación estratégica de la industria en el proceso de restructuración de la industria electrónica mundial, lo cual potenciaría su dinámica, capacidad de integración de cadenas productivas internas, incorporación de empresas locales y capacidad de arrastre sobre otras actividades industriales y económicas en los ámbitos locales y nacionales. Por consiguiente, persisten grandes problemas como la desarticulación de las cadenas de valor, carencia de un subsector de semiconductores que provea a la producción local,[73] falta de estímulos fiscales, escasa articulación con el sector científico educativo y su rezago persistente. Sin embargo, lo principal es la falta de una visión prospectiva de las grandes tendencias de desarrollo tecnológico productivo de la industria electrónica mundial y de una estrategia nacional de incorporación del país a esos procesos.

73. Al respecto hay una importante iniciativa de construir un gran parque industrial fronterizo cercano a Mexicali, el Silicon Border, en el cual se instalarían empresas manufactureras de diseños originales y contratistas manufactureros del sector de semiconductores, que se incorporarían respectivamente al proceso de fraccionamiento, subcontratación y relocalización internacional del diseño en ese sector, en competencia directa con las empresas dedicadas al diseño original instaladas en Taiwan, y a la modalidad *fabless* (especialización en el diseño de circuitos) de recuperación de la industria de semiconductores, en competencia directa con las contratistas manufactureras instaladas en Asia, particularmente en China. El proyecto contaría con financiamiento e incentivos de los gobiernos estatal y federal (10 años de exención de impuestos a las empresas que se instalen). De manera adicional se creó el Consejo de Semiconductores de Jalisco, por medio del cual las principales empresas de ese subsector, con presencia en México, y las organizaciones de la industria como Cadelec y Canieti, promueven de manera coordinada el Silicon Border <www.siliconborder.com/>.

CONCLUSIÓN

La crisis económica mundial de 2001-2002 y la actual recuperación se centran en el sector electrónico informático, proceso en el cual la industria electrónica mundial ha experimentado una importante restructuración tecnológica productiva a partir de la expansión de los radios de acción del microprocesador y la digitalización, la interconexión en redes y la participación más acentuada en otras industrias *tocadas* ya por la tecnología o en nuevas industrias, con consecuencias en la dinámica relativa de los subsectores que componen la industria.

La crisis mundial precipitó el agotamiento de la modalidad de desarrollo de la industria electrónica en México seguida durante el periodo de expansión, lo cual retardó su recuperación, con la consecuente pérdida de posiciones en los mercados internacionales en relación no sólo con China sino con otros importantes competidores, como Malasia, Hungría, Brasil y Costa Rica.

La recuperación tuvo lugar hasta el segundo trimestre de 2004, sustentada en un proceso de reconversión que implicó el ascenso industrial en las cadenas de valor hacia el diseño y la manufactura más intensiva en conocimiento de productos con una alta variedad de componentes y producidos en series medianas, así como una reorientación de la producción hacia algunos de los subsectores que adquirieron dinamismo, como los instrumentos de precisión, la electrónica de consumo y la automovilística, el nuevo equipo de telecomunicaciones y el de producción de semiconductores.

A pesar de la importancia de la reorientación de la modalidad de desarrollo de la industria, se trata de un proceso espontáneo y defensivo que no resuelve problemas estructurales de la industria, como la falta de eslabonamientos hacia atrás en las cadenas de valor, en particular con el sector de componentes y semiconductores, y la nula integración de las cadenas de valor del conjunto de la industria, a lo cual se agregan los siguientes problemas derivados de su articulación macroeconómica: *1)* falta de desarrollo del sector científico educativo y pobre vinculación con la industria en su conjunto; *2)* rezago de la infraestructura, traducido en alto costo de las telecomunicaciones e insuficiencias del sistema carretero y portuario, y *3)* inadecuada regulación y normatividad, basada en la libre importación temporal para la reexportación, modalidad que contribuye a la falta de vinculación de las cadenas de valor y la exclusión de la integración de empresas locales en el proceso.

Una solución de estos problemas sólo se puede lograr en el marco de una política industrial activa que, partiendo del reconocimiento de éstos, incluya medidas coordinadas para su solución, en la perspectiva de una estrategia de incorporación del país en las nuevas tendencias de desarrollo tecnológico productivo de la industria electrónica mundial. CE