

---

## Semiconductores ¿Carrera hacia la autosuficiencia?

Darío Lucchese<sup>14</sup>\*

Los semiconductores son esenciales en la sociedad moderna y representan el cuarto material más comercializado del mundo, después del petróleo crudo, petróleo refinado y los automóviles. Los dispositivos electrónicos necesitan de diversos componentes funcionales fabricados con semiconductores, donde los más importantes son los circuitos integrados o chips. Estos chips son productos muy complejos que proveen la funcionalidad para procesar, transmitir y almacenar datos a todo tipo de equipos electrónicos.

Difícilmente pueda encontrarse un área tecnológica en donde no estén presentes. Son fundamentales para las comunicaciones y en el funcionamiento de Internet encontrándose en computadoras, servidores y terminales de conexión como teléfonos móviles y televisores. Indispensables para la automatización en todo tipo de industrias, equipan desde sistemas de transporte hasta instrumental médico y están presentes en los desarrollos armamentísticos que los hace ser considerados estratégicos para la seguridad nacional de los Estados.

La industria del semiconductor está esparcida por todo el mundo. Conformada por una cadena global de suministradores donde distintas zonas del planeta se fueron especializando en un determinado rol dentro del proceso productivo, dada la enorme complejidad y conocimiento técnico requerida, con el objetivo de abaratar costos y mejorar el rendimiento del producto.

Estados Unidos y China han tomado nota de sus debilidades dentro de esta cadena de suministro en el marco de la competencia tecnológica en la que están inmersos y los llevó a plantear ambiciosos programas de estímulo a esta industria para mejorar su capacidad de producción. Ser menos dependientes de otras regiones dentro de este proceso los podría conducir a una mejor posición en sus roles de potencias económicas y geopolíticas.

### Tecnología y fabricación

Los semiconductores son así clasificados por poseer determinadas propiedades eléctricas que resultan apropiadas para la fabricación de elementos electrónicos activos como microprocesadores, memorias, sensores, componentes analógicos, entre otros. Los circuitos integrados están formados por un conjunto de circuitos miniaturizados que contienen componentes, generalmente transistores y sus conexiones, en una delgada oblea de material semiconductor, por lo general silicio o germanio. Estas obleas contienen, las más modernas, miles de millones de transistores en un área del orden de los milímetros cuadrados. Esta miniaturización suele medirse en nanómetros (milmillonésima parte de un metro) por el tamaño de sus componentes más pequeños, variando según el nodo de fabricación.

Desde el primer circuito integrado, aparecido en 1958, hasta la actualidad la cantidad de transistores por oblea de silicio se ha incrementado en un factor de 10 millones produciendo una ganancia de procesamiento de 100 mil veces y una reducción de costos de aproximadamente un 45% (Varas et al., 2021). Esto ha permitido que los fabricantes electrónicos creen dispositivos con una potencia cada vez mayor y en un tamaño cada vez más pequeño. Se pasó de una tecnología de fabricación de chips en los 10.000 nanómetros a comienzos de la década del 70 a los 5 nanómetros producidos actualmente en las plantas más avanzadas, provocando un sustancial impacto en la reducción del tamaño, mejoras en calidad, capacidad de procesamiento y velocidad de las comunicaciones.

Para el desarrollo de un chip moderno se necesita de enorme experiencia técnica, tanto en hardware como en software, requiriendo de herramientas avanzadas y de la propiedad intelectual proporcionadas por empresas especializadas. El proceso de fabricación a menudo requiere de 300 insumos diferentes, procesados por 50 clases de equipos de alta precisión (Varas et al., 2021).

Las empresas de semiconductores pueden encargarse solamente de un nivel dentro de la cadena de suministro o aglutinar varios o todos los niveles dentro del proceso. Existen cuatro amplias categorías: los fabricantes de dispositivos integrados (IDM, por sus siglas en inglés) que se ocupan del proceso completo de producción de

---

<sup>14</sup> Licenciado en Relaciones Internacionales. Ingeniero Electrónico.

chips, integrando las distintas actividades: diseño, fabricación, ensamblaje, empaque y testeo. Estas fueron predominantes en las primeras décadas del desarrollo de la industria a nivel global, pero luego la gran escalabilidad y el frenético avance de la tecnología hacia los chips más sofisticados fueron empujando los roles hacia una mayor especialización en investigación y desarrollo.

En este proceso fueron surgiendo las llamadas empresas “sin fábrica” (*fabless*), que se ocupan puramente del diseño de los circuitos integrados, concentran toda sus esfuerzos en esa área pero carecen de capacidad para fabricarlos y contratan a otras para su producción. Aquellas que se dedican a producirlos se denominan fundidoras (*foundries*) y se encargan de la fundición, conformación de las obleas de silicio y su transformación en chips. Finalmente encontramos a aquellas empresas que realizan los servicios de ensamblaje, empaque y testeos (OSAT, por sus siglas en inglés), que verifican el producto y lo llevan a su disposición final, por lo tanto suelen ser más intensivas en mano de obra.

## Producción y consumo mundial

La producción especializada en distintos roles diferenciados provoca que los países sean interdependientes dentro de una cadena global de suministro y dependientes del libre comercio para que todo funcione adecuadamente y así disponer de productos terminados en cualquier lugar del planeta. Sin embargo, una producción tan disgregada no está exenta de vulnerabilidades en cada región participante debido a su alta concentración geográfica. Motivo que la hace dependiente tanto de las tensiones geopolíticas que puedan suscitarse como del aumento de controles de exportación/importación que impidan el acceso a determinados productos o tecnología.

En la producción global de chips seis regiones son preponderantes: Estados Unidos, Taiwán, China, Corea del Sur, Japón y Europa. Cada una de ellas contribuye por lo menos con el 8% del total de la industria del semiconductor (Varas et al., 2021).

Estados Unidos lideró históricamente el proceso de investigación y desarrollo de circuitos integrados, empresas con sede allí (Intel, Micron, Texas Instruments) aún concentran el 51% de los ingresos globales en el sector de las IDM, seguidas por las de Corea del Sur (Samsung, SK Hynix), y las de Japón (Toshiba, Sony) y Europa (STMicroelectronics, Infineon, NXP) en menor proporción. En el sector de las *fabless* es más dominante ya que sus empresas (Broadcom, Nvidia, Qualcomm, Apple) concentran el 62% de los ingresos globales, seguidas por las de Taiwan (Mediatek), China (Hisilicon) y Singapur principalmente (Platzer et al., 2020).

La tendencia al desarrollo de empresas *fabless*, que tercerizan la fabricación en plantas fundidoras, ha provocado una gran concentración de la producción al este de Asia. Allí se avanzó notablemente en las últimas tres décadas en lo más complejo de esta cadena que es el proceso de fabricación de las obleas de semiconductor para transformarlas en chips. Empresas con sede en Taiwán acaparan el 73% del total de las fundiciones por contrato a nivel global y más de la mitad de los contratos correspondientes a las empresas OSAT (Platzer et al., 2020).

Las más grandes fundidoras están en Taiwan y Corea del Sur representando ambas el 43 % de la capacidad mundial de producción, mientras que en chips más sofisticados, por debajo de los 10 nanómetros, acaparan todo el mercado mediante sus empresas TSMC y Samsung, las únicas que están fabricando en la tecnología de los 5 nanómetros (Pascual Estapé, 2021). Si a esto le sumamos lo fabricado por China que produce un 15% y Japón otro porcentaje igual tenemos que más del 70% de la producción mundial sale de Asia (McCloughlin, 2021).

China si bien es el mayor consumidor de semiconductores del mundo su papel en la producción es más limitado. La industria del semiconductor en China recién a partir de la década del 90 comienza a asociarse con empresas internacionales y a mejorar su tecnología (VerWey, 2019). La mayoría de su demanda es abastecida por importaciones o empresas extranjeras que fabrican en territorio chino. Sin embargo, aunque la fabricación esté tecnológicamente por detrás de la producción de vanguardia, esta diferencia fue disminuyendo en las últimas décadas a través de adquisición, colaboración y transferencia de tecnología extranjera, tanto en negocios conjuntos, acuerdos de licencia, contratación de talento y adquisición de equipamiento y software, sumado a su desarrollo local (Platzer et al., 2020). Actualmente su planta fundidora estatal SMIC está trabajando en la tecnología de los 14 nanómetros por encima de sus contrapartes europeas y japonesas, donde sus nodos más avanzados están en los 22 nanómetros (Pascual Estapé, 2021).

Por su parte Europa y Japón que en otros tiempos fueron actores de peso en el sector, han quedado rezagados en esta carrera por la mayor sofisticación. Si bien existen empresas que lideran el diseño de chips para el sector

automotriz, carecen de empresas capaces de fabricar circuitos integrados menores a los 22 nanómetros, que se utilizan en otros sectores como en las comunicaciones, y necesitan importar esa producción. Este retraso es admitido en un reciente documento de la Comisión Europea que insta a avanzar en el sector. Sin embargo, sí posee el mayor desarrollo en el importante sector de la fabricación de equipamiento para las fundidoras donde empresas europeas y japonesas proveen la mayoría de los equipos de fotolitografía (Sánchez, 2021).

## Competencia Estados Unidos - China

Dentro de la rivalidad entre Estados Unidos y China por la supremacía tecnológica el campo de los semiconductores es considerado indispensable en esta batalla. Resultan vitales para el sector económico-industrial y para permitir el permanente avance científico-tecnológico pero también son prioritarios para la defensa nacional por ser insumos indispensables del amplio sector armamentístico.

China ha padecido la relativa dependencia dentro de esta cadena global de semiconductores con los vetos y las sanciones impuestas por Estados Unidos enmarcadas dentro de la llamada “guerra comercial”. Desde 2018, Washington ha aplicado una estrategia de contención contra Pekín, ya que percibe el ascenso tecnológico de chino como una amenaza a su hegemonía, evitando lo sucedido en algunas áreas como en la industria fotovoltaica o el 5G donde el país asiático acaparó la mayoría del mercado.

Decidido a atacar la relativa debilidad china en los semiconductores, Estados Unidos golpeó al sector imponiendo sanciones a productores de estos insumos, ya sean empresas grandes o chicas, bloqueando el acceso de componentes claves para la fabricación de chips, incluyendo empresas productoras en las listas negras y obstaculizando hacer negocios con las empresas taiwanesas (Vázquez Rojo, 2021). Recientemente se ha impedido la provisión de equipamiento de fotolitografía por parte de la empresa europea ASML para la principal planta fundidora china SMIC (López, 2021).

En la búsqueda de mayor independencia tecnológica, China no solo debe diseñar sus chips sino también debe ser capaz de fabricarlos ya que tiene condicionado su acceso a los grandes productores debido a las sanciones. Tomando en cuenta que dentro de sus importaciones los semiconductores ocupan el segundo lugar después del petróleo<sup>15</sup>, esta dependencia se considera una vulnerabilidad y por eso se propuso que para el año 2025 el 70% de los semiconductores utilizados deberán ser de fabricación nacional (IEI, 2021).

Si bien en la década del 90 comienza el proceso de mejora tecnológica china dentro del sector, la aceleración de éste se observa a partir del 2002 y hasta 2014 donde surgen nuevas empresas de semiconductores que aprovechan el auge del crecimiento interno. A partir del 2014 comienzan los más ambiciosos planes dentro de la industria del semiconductor que se va a reflejar fundamentalmente en tres documentos: “*The Guidelines to Promote a National Integrated Circuit Industry*” (Plan Nacional IC), “*Made in China 2025*”, “*The Made in China 2025 Technical Area Roadmap*” (VerWey, 2019).

En el Plan Nacional IC se promueve llevar a la industria del semiconductor a la par de los competidores internacionales con un fondo de 150.000 millones de dólares para adquirir empresas de la cadena. Casi un año después en el 13º Plan Quinquenal se expone el “*Made in China 2025*” donde se promueve avanzar en el desarrollo tecnológico nacional en lugar del consumo de tecnología externa, fomentando el acceso a los mercados internacionales. En el 14º Plan Quinquenal presentado en el año 2020 se refuerza esta estrategia centrándose nuevamente en la mayor capacidad de producción nacional (IEI, 2021). Es por eso que desde 2019 ya llevan invertidos 100.000 millones de dólares y 2.400 millones a SMIC para la construcción de una nueva planta (Vázquez Rojo, 2021).

En Estados Unidos los productos elaborados con semiconductores representan una de sus principales exportaciones<sup>16</sup>, pero solo una pequeña parte de los productos más avanzados se pueden producir allí y deben encargarse su fabricación a empresas asiáticas. En ese sentido el presidente Biden ha admitido en declaraciones el retroceso que experimentan en investigación, desarrollo y fabricación (Ramírez López, 2021). El principal motivo de preocupación interna es la concentración de la producción en Asia y la vulnerabilidad que eso representa en caso de conflictos comerciales o militares, manipulación de productos y robo de propiedad intelectual. Además son conscientes que los esfuerzos de China por desarrollar su industria de semiconductores no tienen precedentes

15 Ver <https://oec.world/es/profile/country/chn>

16 Ver <https://oec.world/es/profile/country/usa>

y posee el potencial de modificar la producción global y las capacidades de diseño e investigación lo que puede afectar la competitividad de empresas norteamericanas (Platzer et al., 2020).

En este sentido, en junio de este año, el Senado aprobó la “*United States Innovation and Competition Act*” (USICA) que tiene por objetivo acrecentar el liderazgo de EEUU en ciencia, tecnología e innovación, contrarrestando a China con su creciente influencia. Este proyecto consiste en 200.000 millones de dólares para el financiamiento de programas para distintas áreas de ciencia y tecnología, donde hay un fondo específico de 52.700 millones de dólares para el programa llamado CHIPS (*Creating helpful incentives to produce semiconductor*) destinado a la industria nacional de semiconductores (Sidley, 2021). Este fondo podría lograr la construcción de entre siete y diez nuevas plantas en el territorio. Esto se suma a los acuerdos que lograron en el año 2020 para que la taiwanesa TSMC construya una fábrica en Estados Unidos y con Samsung para que se instale también en territorio norteamericano (Mcloughlin, 2021).

El Departamento de Defensa de Estados Unidos también ha manifestado su preocupación por la necesidad de acceder a componentes de microelectrónica de vanguardia y hacerlo con seguridad, o sea, fabricados por fundidoras propias donde se tiene el control de todo el proceso. Como esto no está siendo posible en chips más avanzados, el modelo de adquisición utilizado no está resultando apropiado porque las compras deben hacerse a empresas que se adhieren a la lista de “fundidoras confiables” (*Trusted Foundry*) y éstas aún poseen una tecnología hasta dos generaciones atrasadas de aquellas de empresas de vanguardia disponibles comercialmente. Por lo tanto las preocupaciones por la sostenibilidad de este modelo han suscitado alternativas a implementar otros como el de “confianza cero” que promueve acceder a comprar a empresas fuera de las aquellas confiables pero validando todo producto antes de utilizarse (Todd López, 2020).

## Autosuficiencia

Crear una fábrica de chips no está al alcance de todos. En el proceso de fabricación se manipulan componentes casi a escala atómica lo que implica que realizar ese trabajo es muy caro. Lograr la autosuficiencia en la producción de semiconductores requiere de inversiones gigantescas y, además, muchos años o décadas de investigación y desarrollo. Por ejemplo, una fábrica de tamaño medio requiere una inversión de 10.000 a 12.000 millones de dólares y se necesitan cuatro años como mínimo para comenzar a operar (Mcloughlin, 2021).

En el hipotético camino de regiones para alcanzar la autosuficiencia en semiconductores las inversiones que deberían erogar para lograr esto son gigantescas. Sumando diseño, equipamiento, materiales, manufactura, empaque, ensamble y testeos, se trataría la enorme suma de entre 0,9 a 1,25 billones de dólares en inversiones iniciales con un incremento en los costos operacionales anuales de 45 mil a 125 mil millones de dólares. Si tomamos en cuenta los desarrollos de Estados Unidos y China y sus consumos de semiconductores, para alcanzar la autosuficiencia Estados Unidos debería invertir entre 350 y 420 mil millones de dólares mientras que China necesitaría inversiones de entre 175 y 250 mil millones de dólares (Varas et al., 2021).

Además de los grandes desembolsos también se necesitan centros de investigación y desarrollo que lo permitan, sumado al hecho de atraer y formar nuevos talentos para desempeñarse en esta compleja área, implica todo un largo proceso. Por lo tanto completar la autosuficiencia parecería más una expresión de deseo que un objetivo practicable en el corto plazo, lo que no quita que las potencias intentarán ampliar su posición dentro de la cadena de suministro global.

## Conclusión

El mercado de semiconductores creció a una tasa superior a la media mundial durante las últimas tres décadas. En los próximos años los modernos desarrollos tecnológicos como las telecomunicaciones de quinta generación (5G) que potenciarán la implementación del internet de las cosas (IoT), los vehículos autónomos, la Inteligencia Artificial (IA), la tecnología *Blockchain* y las monedas digitales demandarán cada vez más mayores cantidades de chips, y mayor capacidad de procesamiento de los mismos, por lo que la importancia de los semiconductores se incrementará sustancialmente.

Mantener el ritmo de innovación en el sector requiere de grandes inversiones públicas y privadas, tanto para la producción como también para la investigación en ciencia, el desarrollo en tecnología y la capacitación y captación de nuevos talentos.

Sostener una capacidad mínima viable para abastecer con chips a la fabricación de productos críticos es indispensable para una potencia. Por eso disminuir las vulnerabilidades en la cadena de suministro es un objetivo planteado por diversos gobiernos e industrias del sector lo que resultará en mayores controles sobre el comercio de semiconductores para prevenir restricciones unilaterales de proveedores y Estados.

El deseo de las grandes potencias parecería ir moviéndose hacia la autosuficiencia, o sea diseñar y producir localmente para abastecer su mercado interno, pero este tipo de políticas económicas tienen costos gigantescos y largos plazos para lograrlo. Las políticas planteadas y ejecutadas por China y Estados Unidos tienden en esa dirección, sobre todo en el país asiático que padeció fuertes restricciones externas impuestas por el Estado norteamericano en los últimos años. Sin embargo las restricciones que pueda imponer Estados Unidos, ya sea comerciales o de inversión, para menguar los deseos chinos también tienen grandes costos y pueden llegar a ser contraproducentes, ya que interrumpir parte de los suministros mundiales podría provocar un aumento de precios, escasez y hacer que China acelere aún más su plan de autonomía (Tyson, Zysman, 2021).

Debido a la importancia de los semiconductores para la economía y la seguridad nacional, quizás asistamos a la formación de dos polos de producción concentrados: uno en Estados Unidos, que con sus aliados buscará mantener una ventaja competitiva, y el otro en China que continuará su acelerado crecimiento. En el corto plazo, donde hay escasez y aumento de demanda, una mayor reducción de la mutua dependencia dentro de esta cadena global podría reportar beneficios para las potencias, en cambio los países o regiones no productoras de estos insumos necesitarán recurrir a adecuadas alianzas para mejorar su posición y lograr abastecerse de un recurso tan estratégico.

## Bibliografía

- Instituto de Estrategia Internacional (IEI). (2021). *Centenario del PCCh*. En Cont@cto CHINA N° 154. Cámara de Exportadores de la República Argentina. <https://www.cera.org.ar/new-site/index2.php>
- Platzer, M., Sargent, J., Sutter, K. (26 de octubre de 2020). *Semiconductors: U.S. Industry, Global Competition, and Federal Policy*. Congressional Research Service. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46581>
- López, J. (5 de marzo de 2021). EE.UU gana la primera batalla por los chips: ASML no venderá EUV a SMIC. *HZ*. <https://hardzone.es/noticias/procesadores/ee-uu-chips-asml-euv-smic/>
- McLoughlin, M. (12 de abril de 2021). Semiconductores, la crisis que ha roto las costuras industriales y nadie sabe cómo arreglarla. *El Confidencial*. [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-04-12/semiconductores-crisis-guerra-5g-fabricacion\\_3026003/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-04-12/semiconductores-crisis-guerra-5g-fabricacion_3026003/)
- Pascual Estapé, J. (17 de enero de 2021). Atascada en los 10 nm, Intel acepta la realidad: podría haber contratado a TSMC para fabricar CPUs de 3 y 5 nm. *Computer Hoy*. <https://computerhoy.com/noticias/tecnologia/intel-procesadores-cpu-tsmc-5-nm-792841>
- Ramírez López, P. (13 de abril de 2021). La crisis de los semiconductores llega a la Casa Blanca. *NIUS*. [https://www.niusdiario.es/internacional/america-del-norte/intenta-evitar-perdida-liderazgo-tecnologico-biden\\_18\\_3121395416.html](https://www.niusdiario.es/internacional/america-del-norte/intenta-evitar-perdida-liderazgo-tecnologico-biden_18_3121395416.html)
- Sánchez, A. (23 de mayo de 2021). Taiwán y Estados Unidos lideran la batalla tecnológica de los semiconductores. *El País*. <https://elpais.com/economia/2021-05-23/taiwan-y-ee-uu-lideran-la-batalla-tecnologica-de-los-semiconductores.html>

- Sidley. (16 de junio de 2021). The U.S. Innovation and Competition Act: Senate Passes Sweeping \$250 Billion Bill to Bolster Scientific Innovation and Compete With China. <https://www.sidley.com/en/insights/newsupdates/2021/06/an-overview-of-the-united-states-innovation-and-competition-act>
- Tyson, L., Zysman, J. (28 de julio de 2021). Chips, proyecto vital para Estados Unidos. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/opinion/Chips-proyecto-vital-para-Estados-Unidos-20210728-0150.html>
- Varas, A.; Varadarajan, R.; Goodrich, J.; Yinug, F. (Abril de 2021). *Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Area*. Boston Consulting Group and Semiconductor Industry Association. <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/04/SIA-BCG-Report-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Supply-Chain-April-2021.pdf>
- Vázquez Rojo, J. (15 de junio de 2021). La guerra tecnológica entre Estados Unidos y China sube de nivel ante la escasez de chips. *CTXT*. <https://ctxt.es/es/20210601/Politica/36306/guerra-tecnologica-China-EEUU-Taiwan-chips-Juan-Vazquez-Rojo.htm>
- VerWey, J. (2019). Chinese Semiconductor Industrial Policy: Past and Present. *Journal of International Commerce and Economics*. [https://www.usitc.gov/publications/332/journals/chinese\\_semiconductor\\_industrial\\_policy\\_past\\_and\\_present\\_jice\\_july\\_2019.pdf](https://www.usitc.gov/publications/332/journals/chinese_semiconductor_industrial_policy_past_and_present_jice_july_2019.pdf)
- Todd López, C. (May 19, 2020). DOD Adopts 'Zero Trust' Approach to Buying Microelectronics. *DOD News*. <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/2192120/dod-adopts-zero-trust-approach-to-buying-microelectronics/>