



## Squared millimetres of sovereignty

### Abstract:

*Microprocessors are at the heart of the information society and are the cornerstone of many of the processes that are part of its functioning. In a context where technology plays a central role, it is not uncommon for geopolitical clashes to occur over issues related to these small but highly capable devices. In the context of national security, several actions are being taken in this area. The vetoes on the sale of devices to certain countries and the confrontations that are taking place in the economic and political spheres require a certain degree of vigilance regarding the evolution of this technology, which is so fundamental to the day-to-day life of today's society. The recent COVID-19-driven disruption of the supply chain has raised concerns among companies, States and supranational organisations about effects that have transcended commercial boundaries.*

### Keywords:

*Microprocessors, sovereignty, technology, globalization.*

### Cómo citar este documento:

RAMÍREZ MORÁN, David. *Milímetros cuadrados de soberanía*. Documento de Análisis IEEE 51/2021.  
[https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_analisis/2021/DIEEEA51\\_2021\\_DAVRAM\\_Milimetros.pdf](https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_analisis/2021/DIEEEA51_2021_DAVRAM_Milimetros.pdf) y/o [enlace bie<sup>3</sup>](#) (consultado día/mes/año)

## Introducción

El 15 de noviembre de 2021, se cumplían 50 años desde la salida al mercado del que se considera el primer microprocesador comercial, el Intel 4004: 12 mm<sup>2</sup>, 2300 transistores, 1 núcleo, 4 bits, 740 KHz, tecnología de 10 μm y 92500 instrucciones por segundo.

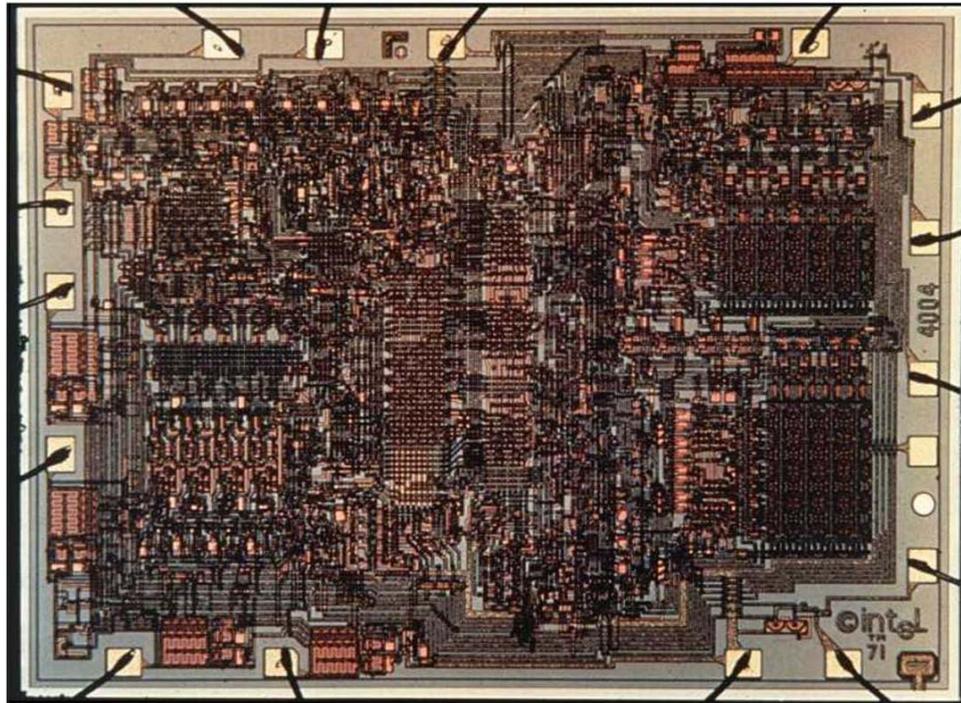


Figura 1. Fotografía del chip 4004. Fuente. <http://www.intel.com>

Se daba el pistoletazo de salida a una carrera en la que la Ley de Moore, por la que cada dos años se doblaría el número de transistores que se podían fabricar en el mismo área, ha servido de brújula para el desarrollo de microprocesadores hasta la actualidad, superando con creces el plazo de 10 años que el autor había pronosticado. Una recta en escala logarítmica que permite representar de forma comprensible la evolución exponencial de la complejidad de los dispositivos.



La digitalización de la información es inherente a este nuevo modelo de relación en el que es necesario recopilar la información, utilizarla a todas las escalas, desde el control de un electrodoméstico a la integración de grandes volúmenes de datos, y, para ello, también es necesario dotar a «las cosas» de la electrónica que lleve a cabo estas funciones.

Por ejemplo, un automóvil, además de la mecánica, requiere numerosos procesadores que se encargan desde el control y monitorización del motor hasta la reproducción de música. Funciones como el antibloqueo de los frenos (ABS) o las múltiples cámaras y sensores de los vehículos actuales contribuyen a la seguridad de los viajeros y están incorporándose al equipamiento regulado para la comercialización de un producto. Los dispositivos digitales necesarios para proporcionar estas funciones, en la mayoría de los casos, requieren prestaciones poco exigentes, aunque resultan imprescindibles en muchos casos para el correcto funcionamiento del sistema completo. De esta forma, los semiconductores, incluso los de complejidad más discreta, se convierten en elementos críticos de la cadena de suministro, como ha quedado demostrado con los problemas que los fabricantes de automóviles están teniendo prácticamente a escala global para mantener la producción.

En el sector de gran consumo los fabricantes de móviles y ordenadores también están teniendo problemas para dar respuesta a los modelos de negocio y a una demanda cuyas características han cambiado de forma imprevista.

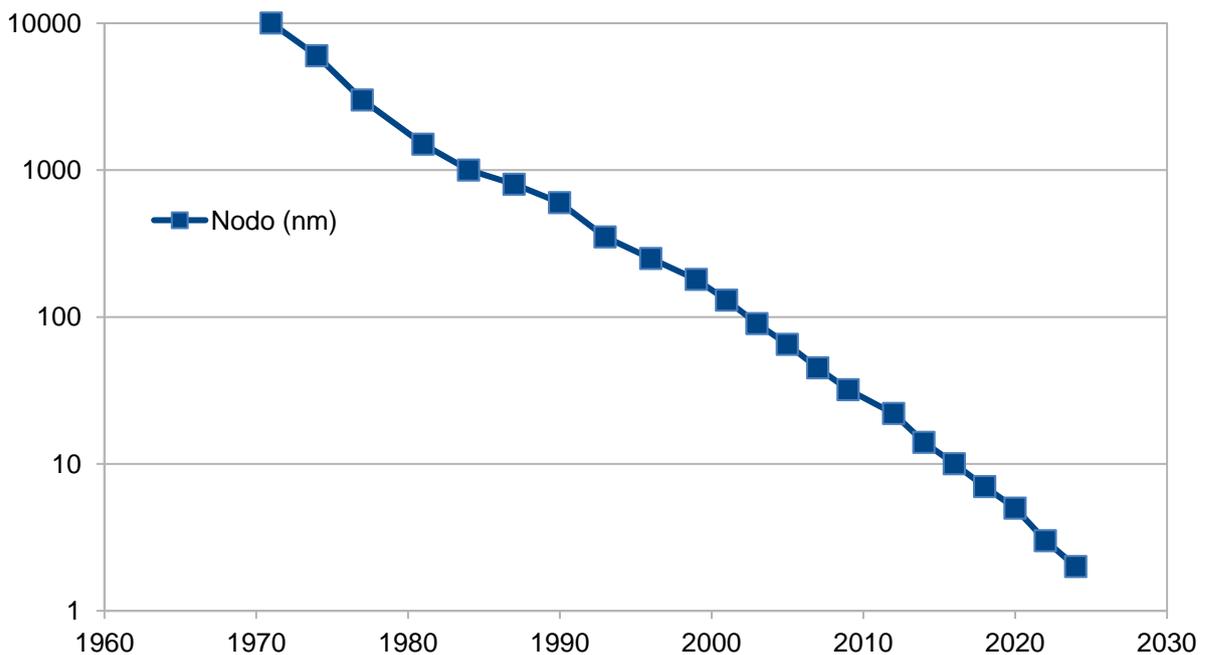
La pandemia de la COVID-19 ha afectado a las cadenas de suministro y ha dado lugar a cuellos de botella que han afectado de forma significativa a los mercados y la economía de los países.

Estos problemas han desencadenado una avalancha de acciones para afrontar los problemas actuales e intentar tomar las medidas necesarias para que, ante escenarios similares que pudieran producirse en un futuro, se reduzca el impacto.

## Los nodos

Las evoluciones de las tecnologías de fabricación de dispositivos digitales se denominan nodos que describen el tamaño en nanómetros de la puerta que controla el paso de la corriente de un transistor FET.

La escala logarítmica de la gráfica indica la complejidad exponencial de los dispositivos y no muestra signos de agotamiento. Sin embargo, las tecnologías de 3 nm y 2 nm, ya demostradas, empiezan a presentar problemas debido al pequeño tamaño de los componentes, que tienen ya escalas atómicas y presentan efectos subatómicos que limitan sus prestaciones. El nodo más avanzado disponible comercialmente en la actualidad es el de 5 nm, de la mano de TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company).



Los nodos de menor tamaño son los que permiten alcanzar las mejores relaciones entre consumo y capacidad de procesado, por lo que son las necesarias para el desarrollo de sistemas de computación intensivas o dispositivos portátiles de gran potencia. El resto de nodos, sin embargo, se siguen utilizando para aquellos dispositivos de prestaciones más discretas donde no es necesaria una integración tan elevada o el consumo no constituye un factor tan fundamental.

En 2020, destacaba la Comisión Europea que solo dos empresas tenían capacidad de producción de dispositivos con la tecnología de 7 nm: Samsung en Corea del Sur y TSMC en Taiwán. Usaba esta información, entre otras, para justificar la necesidad de contar con capacidades de fabricación de dispositivos semiconductores, incluyendo microprocesadores en territorio europeo.

La mayor parte de los dispositivos de alto rendimiento comercializados por Intel, la mayor empresa del sector, son de 14 nm y empiezan a sacar al mercado algunos dispositivos de 10 nm.

GlobalFoundries había fabricado tradicionalmente los dispositivos de AMD, aunque se quedó en la tecnología de 14 nm. AMD en la actualidad está vendiendo dispositivos fabricados con la tecnología de 7nm de TSMC.

Uno de los principales proveedores de tecnología para la fabricación de circuitos integrados de los nodos más avanzados es ASML, empresa holandesa proveedora tanto de TSMC como de Samsung. En particular es casi el único proveedor de tecnología EUV Extreme UltraViolet con luz láser de 13.3-13.7 nm.

### **El mercado internacional de microprocesadores de altas prestaciones**

Los microprocesadores pueden clasificarse en función de lo que se conoce como ISA, Instruction Set Architecture. Un dispositivo es capaz de ejecutar un conjunto de instrucciones definido por la ISA y la implementación de dispositivos que permitan ejecutar programas diseñados para esa ISA está sujeto a derechos de propiedad intelectual.

La arquitectura Intel, tanto en su versión x32, de 32 bits, prácticamente extinta, como en la actual amd64 o x64, de 64 bits, es, hasta la fecha, una de las más utilizadas. Dos son los principales fabricantes de dispositivos con esta arquitectura: Intel y AMD, empresas con su sede central en Estados Unidos.

AMD e Intel tienen un modelo de negocio ligeramente diferente pues, mientras Intel diseña, produce y vende directamente su producto, AMD diseña sus dispositivos y los envía a fabricar a empresas como Global Foundries o TSMC. No cuenta por tanto con capacidad de fabricación y recurre a empresas externas para llevarla a cabo.

Los dispositivos de Intel se encuentran en una gran mayoría de los centros de datos y también en gran parte de los ordenadores de escritorio y portátiles.

Intel incorpora en sus dispositivos tarjetas gráficas integradas (GPU, por sus siglas en inglés), lo que reduce el número de componentes necesarios para montar una estación de trabajo, aunque las prestaciones son limitadas y no se utilizan generalmente para

realizar cálculos intensivos más allá de los necesarios para la representación visual de los contenidos de la pantalla.

AMD, por el contrario, adquirió la empresa fabricante de tarjetas gráficas ATI y, aunque ha producido algunos dispositivos mixtos de microprocesador y tarjeta gráfica en un solo dispositivo, generalmente utiliza tarjetas gráficas externas. Estas tarjetas gráficas se están aprovechando para realizar procesados de inteligencia artificial y otras operaciones computacionalmente intensivas. Su arquitectura con muchos nodos de procesado independientes es mucho más eficiente para la realización de ciertas operaciones que un microprocesador de propósito general.

ARM es una arquitectura que poco a poco se ha ido haciendo un hueco en el mercado, especialmente en el portátil, dado su reducido consumo de energía gracias a su arquitectura RISC, frente a la arquitectura CISC de Intel y AMD. También se están empezando a implantar dispositivos ARM en los centros de datos para aprovechar también su menor consumo energético y, por tanto, su menor generación de calor.

El modelo de negocio de ARM se basa en los royalties. La empresa diseña los microprocesadores y concede al cliente una licencia sobre estos diseños para que pueda producirlos. Le empresa cliente recurre a empresas que implementen el diseño en un chip y luego se manda a fabricar a una de las *foundries* disponibles. Además de la licencia de uso, el cliente de ARM paga también royalties en función del número de unidades fabricadas.

La sede de ARM está ubicada en Cambridge, en Reino Unido. En septiembre de 2020, Nvidia, la compañía estadounidense fabricante de tarjetas gráficas, adquiriría una participación mayoritaria de ARM al conglomerado japonés Softbank, que la había adquirido en 2016 con financiación proporcionada por Arabia Saudí. De esta forma, se creaba un tercer jugador con capacidad de crear microprocesadores y tarjetas gráficas. Esta adquisición todavía debe ser autorizada por países como Estados Unidos, la Unión Europea y, como no puede ser de otra forma por estar allí su sede, el Reino Unido<sup>2</sup>. Esta autorización es necesaria pues la compra podría afectar a la competencia.

Ante este escenario en el que las arquitecturas están sujetas a propiedad intelectual, ha surgido una iniciativa en la que la ISA es abierta y no es necesario pagar licencias ni

---

<sup>2</sup> "A 'national security' issue: UK.gov blocks Nvidia's Arm deal for now, inserts deeper probe", *The Register*. Disponible en: <https://www.theregister.com/2021/11/16/nvidia/>

adquirir dispositivos de fabricantes específicos. RISC-V es una ISA que los usuarios pueden implementar de forma libre. En un modelo similar a ARM, aunque sin retorno económico, se pone a disposición del usuario el diseño del dispositivo. El usuario tendrá que materializar ese diseño implementándolo para que pueda ser fabricado en una *foundry*.

Además, por tratarse de información publicada, la legislación americana no permite establecer vetos a su exportación, por lo que aquellos países objeto de estas limitaciones pueden preferir este modelo de arquitectura<sup>3</sup>. La arquitectura está mantenida por una fundación sin ánimo de lucro que recientemente ha trasladado su sede a Suiza evitando así la legislación norteamericana.

Desde su creación y durante bastantes años, Apple había utilizado microprocesadores de Motorola, inicialmente, y PowerPC después, ambos con una arquitectura distinta a la de Intel, hasta que en 2006 abandonó estas arquitecturas y pasó a utilizar microprocesadores Intel. En este año 2021, se ha comercializado el primer dispositivo de Apple que utiliza un microprocesador diseñado en la empresa con arquitectura ARM adaptada a sus necesidades. De esta forma se aproxima más a su objetivo de uniformizar sus dispositivos móviles, portátiles y de escritorio para reducir las variantes del software que desarrolla.

### Los problemas de la cadena de suministro

Con la pandemia de la COVID-19 se han producido problemas de la cadena de suministros de semiconductores a nivel global. Son varios los motivos detrás de estos problemas y, mientras algunos pueden ser achacados a efectos directos de la pandemia, otros son fruto de la incertidumbre generada y de decisiones empresariales que han dado lugar a efectos en cascada.

Con la pandemia son muchos los países que confinaron a su población, lo que dio lugar a que cadenas de producción completas dejaran de funcionar. Pararon fundiciones que generan las obleas, las láminas de semiconductor de gran pureza sobre las que se fabrican los circuitos integrados.

---

<sup>3</sup> Disponible en: <https://www.economist.com/science-and-technology/2019/10/03/a-new-blueprint-for-microprocessors-challenges-the-industrys-giants>

También pararon plantas de producción de circuitos integrados. El encapsulamiento de los dispositivos fue otra de las actividades que también se vio frenada por la reducción de personal en activo en el sector. Recientemente, se siguen produciendo algunos paros ante el incremento del coste de las materias primas porque esta industria, especialmente la de las fundiciones de obleas, es muy intensiva en consumo de energía.

Con la recuperación de las economías, también se están produciendo problemas en las cadenas logísticas de distribución de bienes y se están prolongando los plazos para transportar mercancías de un lugar a otro. Los envíos de componentes electrónicos están prolongándose en el tiempo retrasando aún más la normalización de las cadenas de suministro.

En el periodo de pandemia también se produjo una modificación de los hábitos de consumo que ahora se han convertido en problemas logísticos. Ante la caída de la demanda de vehículos nuevos, los fabricantes cancelaron sus pedidos de componentes y, lejos de quedar almacenados, simplemente se dejaron de fabricar ante la falta de demanda.

La demanda se trasladó al equipamiento electrónico, como ordenadores, tabletas, teléfonos y equipamiento de conexión, para dar respuesta a la implantación del teletrabajo. La escasez de materiales llevó también a priorizar el tipo de dispositivos que se fabricarían y se dejaron de producir ciertos componentes para potenciar otros.

Con la llegada de la recuperación, los hábitos de consumo han tendido más hacia la normalidad, pero ha surgido un nuevo problema. Las operaciones logísticas durante el tiempo de pandemia han trastocado la orquestación existente en el movimiento de buques, contenedores y mercancías y se están produciendo cuellos de botella. Esto está dando lugar a un incremento considerable de los costes de transporte, dado que se están priorizando al haber menor capacidad útil, y un incremento de los plazos de entrega ante los imprevistos que puede sufrir un envío.

El problema de la oferta podría haberse limitado de haber contado con una mayor diversificación geográfica de los centros de producción. Sin embargo, ante la situación actual no es posible dar solución de este modo dado que la creación de nuevas infraestructuras de producción requiere una fuerte inversión y, aún más importante, conlleva plazos de construcción de varios años.

El sector del automóvil es uno en el que los efectos de la disminución de demanda inicial y la cancelación de pedidos de materiales más consecuencias ha generado. Son muchas las plantas a nivel global que han tenido que parar su producción ante la falta de materiales. Al no poder producir, se ha producido también escasez de productos terminados y se ha generado una importante contracción del mercado a pesar de la demanda latente. En el caso de España, donde una importante fracción de su PIB proviene del sector, es de esperar un impacto económico.

Los efectos sobre las compañías han sido diversos como se ilustra en los ejemplos a continuación.

Ante el lanzamiento del nuevo iPhone 13, el nuevo terminal telefónico de Apple, la empresa ha tenido problemas de suministros de algunos de los componentes y ha sufrido un retraso considerable con respecto a la planificación inicial.

También Google ha identificado la vulnerabilidad de la cadena de suministro y ha propuesto una iniciativa para estandarizar ciertos productos del sector que contribuyan a paliar los riesgos<sup>4</sup>. En este caso, se enfoca en la cadena de producción de los propios circuitos integrados y aboga por una estandarización de los productos intermedios para reducir en lo posible la dependencia de productores específicos. En realidad, para dejar abierta la opción de poder desarrollar sus propias tecnologías, propone la definición de estándares comunes que no sean de obligado cumplimiento.

En Estados Unidos, Ford, el fabricante de vehículos, está planteando una nueva cadena de suministro para sus necesidades de componentes electrónicos. Se encuentra en conversaciones con Global Foundries para «desarrollar un modelo colaborativo que acelere la nueva ola en diseño de chips para automoción»<sup>5</sup>.

En India, el fabricante de vehículos Tata se ha visto afectado también por la falta de chips. Actualmente, está dando pasos en la línea de la producción de componentes electrónicos y prevé una inversión de 300 millones de dólares<sup>6</sup> para montar una fábrica de ensamblaje y prueba de dispositivos, que podría dar servicio tanto al propio conglomerado como a otras empresas como Intel, AMD o ST Microelectronics.

4

Disponible

en:

[https://www.theregister.com/2021/11/15/usa\\_100\\_day\\_semiconductor\\_supply\\_chain\\_review/](https://www.theregister.com/2021/11/15/usa_100_day_semiconductor_supply_chain_review/)<sup>5</sup> Disponible en: <https://www.cnet.com/roadshow/news/ford-semiconductor-chips-shortage/><sup>6</sup> Disponible en: <https://indianexpress.com/article/explained/tata-group-semiconductor-manufacturing-computer-chip-shortage-tejas-networks-7450091/>

También en el campo de las comunicaciones se están produciendo alteraciones en las cadenas de suministro y, sirva de referencia, empresas como Cisco, que proporciona equipamiento de red profesional a empresas en general, y a las de telecomunicaciones en particular, han alargado los plazos para la entrega de sus equipos ante la falta de materiales para completar sus productos.

La vulnerabilidad detectada ha dado lugar a que se tomen medidas institucionales para hacer frente a futuros escenarios. Por un lado, está Estados Unidos, con el CHIPS for America Act, mientras que por la Unión Europea se habla también de un acta equivalente<sup>7</sup>.

### Estados Unidos

La producción de semiconductores en Estados Unidos ha pasado de un 37 % en 1990 hasta un 12 % en 2020. En noviembre de 2020, se presentaba en la casa de representantes la propuesta H.R. 7178: «Para restaurar el liderazgo americano en la producción de semiconductores incrementando los incentivos federales para posibilitar investigación avanzada y desarrollo, asegurar la cadena de suministro y garantizar la seguridad nacional a largo plazo y la competitividad económica»<sup>8</sup>.

Denominada CHIPS for America Act (Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors). Acompañando a esta ley, también se planteaba la ley FABS para proporcionar créditos fiscales con los que fomentar la inversión privada.

Entre las inversiones previstas por esta ley aparecen:

- Establecer un centro nacional de tecnología de semiconductores con una aportación de tres mil millones de euros desde 2021 hasta 2030.
- Poner a disposición de DARPA, en 2021, 2000 millones de dólares disponibles hasta 2025.

<sup>7</sup> BRETON, Thierry. *How a European Chips Act will put Europe back in the tech race*. Disponible en: [https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2019-2024/breton/blog/how-european-chips-act-will-put-europe-back-tech-race\\_en](https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2019-2024/breton/blog/how-european-chips-act-will-put-europe-back-tech-race_en)

<sup>8</sup> Disponible en: <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/7178>

- 2000 millones de dólares para programas de investigación básica en semiconductores en el Departamento de Energía y 5000 millones para crear el instituto nacional de fabricación de empaquetamientos avanzados.

Resulta muy significativa la referencia expresa que se hace del departamento de Defensa «The Department of Defense shall prioritize the use of specified available amounts for programs, projects, and activities in connection with semiconductor and related technologies» dedicando un importe anual mínimo de 50 millones de dólares.

## Unión Europea

La Comisión Europea ha publicado el 15 de septiembre de 2021 un documento de trabajo que acompaña al documento Propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y el Consejo estableciendo el programa de política 2030 Camino a la década digital<sup>9</sup> como acción de la Comunicación 2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade publicada previamente el 9 de marzo. «La ambición de la Unión Europea es ser digitalmente soberana en un mundo abierto e interconectado, y perseguir políticas digitales que den poder a las personas y empresas para alcanzar un futuro digital centrado en las personas, inclusivo, sostenible y más próspero».

El documento fija objetivos a alcanzar para este fin en las siguientes áreas:

- Una población capacitada digitalmente y profesionales digitales muy capacitados.
- Infraestructuras digitales sostenibles seguras y potentes.
- Transformación digital de las empresas.
- Digitalización de los servicios públicos.

Dentro del área de infraestructuras, incluye un punto específico para los semiconductores en el que se fija un objetivo por el que «la producción de semiconductores sostenibles y de última tecnología en Europa incluyendo procesadores es al menos el 20 % de la producción mundial en valor». Como valor de partida se identificaba en 2020 un valor de solo el 10 %.

---

<sup>9</sup> Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0574>

## Geopolítica de los semiconductores

En 2015, vetaba Estados Unidos la venta de los que entonces eran los procesadores más avanzados para la computación de alto rendimiento. China veía coartada su intención de crear el supercomputador más potente porque EE. UU. consideraba que los dispositivos se iban a utilizar para el desarrollo de armas nucleares<sup>10</sup>.

El presidente Trump, en 2020, incorporaba doce compañías chinas, entre ellas SMIC, a la Lista de Entidades<sup>11</sup>, haciendo que la exportación de tecnología con capacidad de fabricar semiconductores de los nodos de 10 nm e inferiores tuviera que pasar por una licencia del gobierno americano. De esta forma se cerraba la puerta a que China pudiera desarrollar este tipo de tecnología en su territorio utilizando herramientas proporcionadas por otros países. Esto le habría permitido alcanzar la punta tecnológica mucho más rápido dado que las infraestructuras con las que cuenta, las de SMIC, se encuentran varios nodos por detrás de las tecnologías disponibles en el mercado. La incorporación a la lista se hacía bajo el argumento de que la tecnología desarrollada se podría utilizar para apoyar la actividad militar China, suponiendo un riesgo para la seguridad nacional de Estados Unidos.

## Conclusiones

Los semiconductores presentan un mercado vertical muy diverso en el que muy pocos actores ostentan un poder muy grande. En cada escalón de este mercado son bastantes pocos los actores que proporcionan cada servicio. En el diseño de arquitecturas hay, en la práctica, tres fabricantes comerciales con capacidad para dar respuesta a las necesidades actuales y todos tienen su sede en el mismo país. Está surgiendo también una iniciativa abierta, aunque no cabe esperar que ciertas aplicaciones, como las de defensa, en las que son necesarias certificaciones específicas, puedan hacer uso de estas alternativas. Por el lado de la producción también existe una elevada concentración de proveedores, especialmente para los dispositivos de mayores prestaciones, necesarios para hacer frente a la creciente demanda de procesado en un contexto donde la eficiencia energética es fundamental para cumplir los objetivos de emisiones.

<sup>10</sup> RAMÍREZ MORÁN, David. “¿Es la computación una herramienta geopolítica?”, *IEEE*. Disponible en: [https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs\\_analisis/2015/DIEEEA43-2015\\_Supercomputacion\\_DRM.pdf](https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_analisis/2015/DIEEEA43-2015_Supercomputacion_DRM.pdf)

<sup>11</sup> Disponible en: <https://www.washingtonpost.com/technology/2020/12/18/china-smic-entity-list-ban/>

Tanto Estados Unidos como Europa han identificado las debilidades de las cadenas de suministro de microprocesadores y están tomando medidas específicas para un área sobre la que se tiene una creciente dependencia. Sin embargo, esto no es nuevo y ya en 2018 se tomaba una iniciativa similar, en este caso dentro de la acción preparatoria sobre otro componente donde la cadena de suministro era preocupante, los dispositivos lógicos programables FPGA, que presentaban un modelo bastante similar al de los microprocesadores<sup>12</sup> para el campo militar: «Early in November, the European Defence Agency (EDA) announced the implementation of EXCEED, the last of the three defence research projects selected under the 2018 call for proposals for the EU Preparatory Action on Defence Research (PADR).

EXCEED, which stands for 'trustEd and fleXible system-on-Chip for EuropEan Defence applications', aims to create a European supply chain for a reconfigurable, flexible and trustable programmable system-on-a-chip family

As of today, most of the Field Programmable Gate Array (FPGA) used by European industries are American products manufactured on Asian industrial lines. The lack of a sovereign European solution on the market entails a dependency to ITAR or ITAR-like policies and represents a risk in terms of security and restrictions of use. Considering the strategic nature of FPGA, last week the EDA signed a grant agreement worth €12 million...».

Las tendencias que durante las últimas décadas se han venido produciendo, por las que la producción se está concentrando geográficamente, han sido unas de las principales causas de los problemas de escasez de ciertos materiales que está afectando a la recuperación de los mercados tras la pandemia.

En la sociedad del conocimiento actual, donde los datos son la materia prima primordial, la soberanía sobre las herramientas que permiten operar sobre esta materia prima se puede ver debilitada con facilidad porque son muchos los puntos en los que se puede perder el control sobre la producción, disponibilidad y seguridad de los bienes.

Son varios los actores que han visto afectada su soberanía dado que no han podido tomar decisiones sobre una cadena de suministro globalizada y ubicada, en una parte importante, fuera de sus fronteras. Por estos motivos se están tomando decisiones

---

<sup>12</sup> Disponible en: <https://defaiya.com/news/International%20News/North%20America/2020/11/25/mbda-to-contribute-to-the-foundation-of-a-european-source-of-field-programmable-gate-arrays>

importantes y controvertidas como la financiación de actividades privadas con fondos públicos para evitar que en situaciones futuras se reproduzcan estos problemas.

Los efectos que la pandemia de la COVID-19 ha tenido sobre las cadenas de suministro se pueden identificar como un riesgo para la seguridad nacional. El impacto económico asociado a eventos como la necesidad de parar cadenas de producción por la falta de suministros es elevado y afectará directamente a la contabilidad económica del Estado.

*David Ramírez Morán\**  
Analista principal del IEEE  
[@darammor](https://twitter.com/darammor)