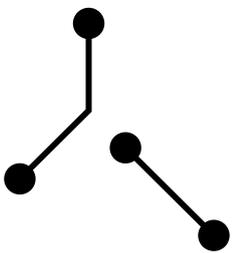


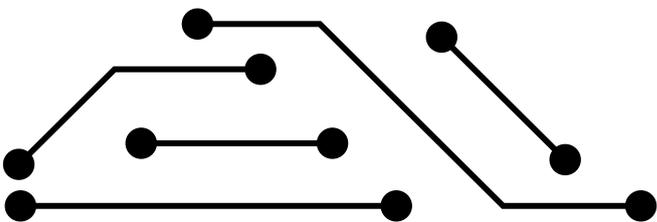
# SEMI CONDUCTORES

Descubrimiento  
de oportunidades  
en el sector  
estratégico de los  
semiconductores  
en España

COTEÇ



ISBN: 979-13-990659-0-9



# SEMI CONDUCTORES

Descubrimiento  
de oportunidades  
en el sector  
estratégico de los  
semiconductores  
en España

**JULIO 2025**

Este documento, resultado del Grupo de Trabajo de Cotec sobre el Descubrimiento de Oportunidades en el Sector Estratégico de los Semiconductores en España, ha sido realizado por **Ana Isabel Cremades Rodríguez**, Catedrática en la UCM y experta de «Los 100 de Cotec».

Con el apoyo técnico del departamento de Estudios y Gestión del Conocimiento de la Fundación Cotec:

- **Adelaida Sacristán**, directora.
- **María Peñate**, técnico de Proyectos.
- **Vivian Bojacá**, técnico de Proyectos.

**COTEÇ**

# ÍN DI CE



<b>PRESENTACIÓN</b> . . . . .	08
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> . . . . .	10
<b>INTRODUCCIÓN</b> . . . . .	16
<b>1. MARCO GEOPOLÍTICO. SILICONOMÍA Y POLÍTICA DEL SILICIO</b> . . . . .	20
Siliconomía . . . . .	21
La oferta . . . . .	23
La demanda . . . . .	27
Estrategias y políticas industriales globales . . . . .	28
Los desafíos. Factores de riesgo. . . . .	34
Dependencias estratégicas frente a dependencias tácticas . . . . .	42
<b>2. SEGURIDAD Y DEFENSA</b> . . . . .	46
Aspectos estratégicos. . . . .	47
Requisitos de los semiconductores para aplicaciones de defensa. . . . .	49
Tendencias en la tecnología avanzada militar . . . . .	50
Riesgos geopolíticos para la estrategia de defensa . . . . .	51
Oportunidades tecnológicas e industrias emergentes en defensa. . . . .	52
Situación española. Retos y líneas de actuación . . . . .	54
<b>3. INSTRUMENTOS PARA LA SOBERANÍA TECNOLÓGICA Y LA AUTONOMÍA ESTRATÉGICA</b> . . . . .	56
<i>Chips Act</i> europeo y PERTE Chip español; comparación con la <i>Chips Act</i> americana . . . . .	58
Avances del PERTE Chip . . . . .	64

Actuaciones de financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de potencial interés en el sector de los semiconductores . . . . .	66
Actuaciones de la AEI relevantes para el sector de los semiconductores. . . . .	71
Anteproyecto de la Ley de Industria y Autonomía Estratégica y el sector de los semiconductores . . . . .	73
<b>4. OPCIONES TECNOLÓGICAS DE PAÍS. . . . .</b>	<b>76</b>
Fortalezas tecnológicas nacionales en conocimientos y capacidades . . . . .	77
Sectores nacionales tractores del ecosistema de semiconductores. . . . .	82
Materias primas y sostenibilidad. Nichos de oportunidad creciente. . . . .	96
<b>5. ESTUDIO DE LA COMPLEJIDAD ECONÓMICA ESPAÑOLA EN EL SECTOR DE LOS SEMICONDUCTORES . . . . .</b>	<b>108</b>
<b>6. TALENTO. PILAR FUNDAMENTAL PARA POSICIONAR A ESPAÑA . . . . .</b>	<b>112</b>
Capacidades formativas y necesidades en España . . . . .	114
<b>7. EL ROL DE LAS ADMINISTRACIONES REGIONALES Y LOCALES . . . . .</b>	<b>118</b>
Funciones de las Administraciones autonómicas . . . . .	120
Funciones de las Administraciones locales. . . . .	121
Elementos comunes y funciones complementarias con la Administración central . . . . .	124
<b>8. OPORTUNIDADES ESTRATÉGICAS EN LA CADENA DE VALOR DE SEMICONDUCTORES Y RETOS ACTUALES DEL ECOSISTEMA ESPAÑOL . . . . .</b>	<b>126</b>
Oportunidades estratégicas en la cadena de valor. . . . .	128
Barreras y retos actuales del ecosistema español. . . . .	135

<b>9. PROPUESTAS</b> . . . . .	140
I. Gobernanza y política nacional integrada . . . . .	143
II. Seguridad estratégica, defensa y autonomía . . . . .	147
III. Ecosistema de innovación, I+D y transferencia . . . . .	150
IV. Capacidades industriales: diseño, fabricación y ensamblado . . . . .	154
V. Empresas, <i>start-ups</i> y escalado industrial . . . . .	157
VI. Sostenibilidad, circularidad y materiales. . . . .	160
VII. Fiscalidad, incentivos e inversión . . . . .	164
VIII. Talento, formación y capital humano. . . . .	167
IX. Desarrollo territorial: CC. AA. y entidades locales. . . . .	170
<b>10. EPÍLOGO</b> . . . . .	174
<b>11. MIEMBROS DEL GRUPO DE TRABAJO</b> . . . . .	176
<b>ANEXO I. ENTENDIENDO LA CADENA DE VALOR DE LOS SEMICONDUCTORES</b> . . . . .	182
Fases principales de la cadena de valor. . . . .	183
Tipos de empresas según su función en la cadena . . . . .	183
<b>ANEXO II. METODOLOGÍA DE TRABAJO</b> . . . . .	184
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> . . . . .	190

# PRE SEN TA CIÓN



La industria de los semiconductores se ha convertido en un sector estratégico a nivel global, fundamental para la competitividad económica, la transformación digital y la autonomía tecnológica de las naciones. Los circuitos integrados y chips avanzados son el núcleo de multitud de tecnologías, desde la inteligencia artificial y la computación de altas prestaciones hasta las telecomunicaciones, la automoción y la defensa, las tecnologías médicas o el espacio, lo que ha llevado a las potencias económicas a lanzar ambiciosos programas de apoyo a este sector.

Con el objetivo de analizar la situación actual y las perspectivas de España en el sector de los semiconductores, la Fundación Cotec ha impulsado un Grupo de Trabajo sobre el Descubrimiento de Oportunidades en el Sector Estratégico de los Semiconductores en España, que ha reunido a una veintena de entidades

miembro de Cotec, lideradas por Telefónica y la Comunidad de Madrid. Se ha contado también con la participación de expertos externos del mundo académico, centros de investigación y universidades, empresas tecnológicas y Administraciones públicas, tanto central como regionales y locales.

Este informe es el resultado del trabajo realizado por el Grupo durante nueve sesiones celebradas entre noviembre de 2024 y junio de 2025. En él se presenta un diagnóstico integrado de las fortalezas tecnológicas nacionales y las oportunidades estratégicas existentes a lo largo de la cadena de valor de los semiconductores en España. Asimismo, identifica las barreras y retos que enfrenta actualmente el ecosistema español de microelectrónica, y propone una serie de medidas de políticas públicas y recomendaciones orientadas a fortalecer el sector a medio y largo plazo.

Cotec, junio de 2025

**RESU  
MEN  
EJJE  
CUTI  
VO**



La industria de los semiconductores se ha convertido en un **sector estratégico a nivel global**, fundamental para la competitividad económica, la transformación digital y la autonomía tecnológica de las naciones. Los circuitos integrados y chips avanzados son el núcleo de multitud de tecnologías, desde la inteligencia artificial y la computación de altas prestaciones hasta las telecomunicaciones, la automoción y la defensa, las tecnologías médicas o el espacio, lo que ha llevado a las potencias económicas a lanzar ambiciosos programas de apoyo a este sector.

---

Con el objetivo de analizar la situación actual y las perspectivas de España en el sector de los semiconductores, la Fundación Cotec ha impulsado un Grupo de Trabajo sobre el Descubrimiento de Oportunidades en el Sector Estratégico de los Semiconductores en España, que ha reunido a expertos del mundo académico, centros de investigación y universidades, empresas tecnológicas y Administraciones públicas, tanto central como regionales y locales. Este informe, elaborado en el marco de dicho grupo, presenta un diagnóstico integrado de las fortalezas tecnológicas nacionales y las oportunidades estratégicas existentes a lo largo de la cadena de valor de los semiconductores en España. Asimismo, identifica las barreras y retos que enfrenta actualmente el ecosistema español de microelectrónica, y propone una serie de medidas de políticas públicas y recomendaciones orientadas a fortalecer el sector a medio y largo plazo. El documento se estructura en nueve secciones que abordan los principales pilares de una estrategia nacional de semiconductores.

En su primer capítulo, el informe contextualiza el papel geoestratégico de los semiconductores en un mundo multipolar marcado por tensiones entre grandes potencias. La escasez de chips durante la pandemia de COVID-19 y las tensiones entre Estados Unidos y China han acelerado una política global centrada en garantizar el acceso a tecnologías clave. Se analiza la creciente dependencia de chips avanzados fabricados en Asia, la **vulnerabilidad de las cadenas de suministro** ante *shocks* externos y el auge de la **Siliconomía**, entendida como el poder económico, industrial y geopolítico derivado del dominio de esta industria. Como reacción a estas debilidades de la cadena global de valor de los semiconductores, se estudian las **estrategias industriales de actores clave** como EE. UU. (Chips and Science Act), China (plan *Made in*

*China 2025*), Japón, Corea del Sur y la Unión Europea (*Chips Act*). Finalmente, se analizan los **desafíos y factores de riesgo actuales** y se pone el foco en la distinción entre las **dependencias estratégicas y las tácticas** como medida para afinar las políticas industriales de cada país y las estrategias empresariales.

En el segundo capítulo, la microelectrónica avanzada se presenta como un activo crítico para la **soberanía tecnológica** y la **defensa nacional**. El informe subraya que los sistemas de armamento modernos, las comunicaciones seguras, la inteligencia artificial aplicada al ámbito militar y la ciberseguridad dependen de chips altamente especializados. España, como miembro de la OTAN y de la UE, debe desarrollar **capacidades duales** que sirvan tanto a propósitos civiles como de seguridad. Se analizan algunas de las **oportunidades tecnológicas en defensa**, factores de riesgo geopolítico, la situación española y sus posibles líneas de actuación con respecto al desarrollo de la microelectrónica militar.

En el tercer capítulo, se examinan las **herramientas de política pública** disponibles para reforzar la posición de España. Se comparan estrategias nacionales como el Chips Act estadounidense con el **Chips Act europeo** y el **PERTE Chip** español. Se evalúa también el impacto potencial del **Anteproyecto de Ley de Industria y Autonomía Estratégica** en el sector de los semiconductores. El informe advierte que, si bien el PERTE Chip es un paso decisivo, se requiere una política industrial de mayor ambición y continuidad.

España debe focalizar su estrategia en ámbitos tecnológicos donde pueda generar ventajas comparativas sostenidas. En el cuarto capítulo, se identifican las **opciones tecnológicas del país**, analizando capacidades derivadas del conocimiento, los sectores tractores y las tecnologías emergentes. Se

detectan oportunidades claras en el diseño de chips (especialmente sobre arquitecturas abiertas como RISC-V), la fotónica integrada, las tecnologías cuánticas emergentes y los semiconductores compuestos como GaN y SiC. El país también cuenta con infraestructuras de testeo y encapsulado (*back-end*), y puede especializarse en nodos maduros que aún tienen gran demanda industrial. Se destaca la importancia de sectores trectores como la automoción, las telecomunicaciones, el espacio y la defensa, donde existen cadenas de valor parcialmente establecidas. Asimismo, se resalta la posibilidad de posicionarse en nichos como la minería sostenible de materiales críticos, el reciclaje electrónico, la electrónica de bajo consumo y la circularidad del diseño de componentes, con cambios de paradigma para alcanzar la sostenibilidad desde el diseño de los materiales semiconductores.

Desde el enfoque de la **complejidad económica**, el informe analiza en su quinto capítulo el estado actual de España y la dependencia de dispositivos y componentes electrónicos con la información que se obtiene de los datos de exportaciones e importaciones. Los semiconductores se consideran una tecnología habilitadora clave, con capacidad de generar conocimiento transversal, propiedad intelectual transferible y eslabonamientos con industrias de alto valor añadido. **La microelectrónica puede elevar el perfil tecnológico de la economía española y actuar como palanca en sectores afines.**

El **talento** se identifica en el capítulo sexto como uno de los principales cuellos de botella y, al mismo tiempo, como una de las palancas estratégicas más transformadoras, presentándose los avances de iniciativas impulsadas por el PERTE Chip y otros agentes del sector. El documento advierte de la escasez crítica de perfiles especializados en diseño, fabricación, test y encapsulado, así como de

técnicos para operar infraestructuras.

Finalmente, se termina el análisis con el capítulo séptimo, reflexionando sobre el rol que las **comunidades autónomas** y los **municipios** pueden desempeñar tomando un papel decisivo para reforzar la estrategia nacional.

Como conclusiones del análisis realizado en los capítulos previos, en el capítulo octavo se describen las **oportunidades estratégicas** y los retos que el ecosistema español debe superar. El análisis identifica que España puede especializarse en eslabones como el diseño (especialmente RISC-V), el testeo y el ensamblaje (OSAT), la fotónica, los semiconductores de alta potencia, la producción sostenible de materiales críticos, el reciclaje de dispositivos electrónicos y el desarrollo de talento. No obstante, el ecosistema enfrenta barreras relevantes: fragmentación institucional, falta de masa crítica, lentitud administrativa, déficit de talento y ausencia de una estrategia nacional plenamente ejecutiva.

Finalmente, en el capítulo nueve se agrupan las **recomendaciones en nueve ejes vertebradores**: (1) establecer una **gobernanza nacional** estable con capacidad ejecutiva; (2) integrar **defensa y seguridad** en la estrategia sectorial; (3) consolidar un **ecosistema de I+D y transferencia** tecnológica fuerte y conectado con la industria; (4) desarrollar **capacidades industriales diferenciadoras**, con foco en diseño, *back-end* y tecnologías emergentes; (5) fomentar el emprendimiento **deep-tech** y facilitar el escalado de *start-ups*; (6) posicionar a España como referencia en **sostenibilidad y economía circular** aplicada al *hardware*; (7) rediseñar los **incentivos fiscales a la I+D** de forma más competitiva; (8) desplegar una **política ambiciosa de talento y formación** integral; y (9) articular un **marco territorial cooperativo con participación activa de CC. AA. y ayuntamientos** en la estrategia nacional.

El análisis identifica propuestas para que España contribuya de forma estratégica a la autonomía tecnológica europea, participando en consorcios, posicionándose en eslabones críticos y reforzando su **presencia internacional** en foros tecnológicos. Se señala como prioridad lograr una mayor integración en las cadenas de valor europeas, activar con mayor eficacia el PERTE Chip, aprovechar el marco IPCEI (Proyectos Importantes de Interés Común Europeo) y consolidar **alianzas internacionales** que permitan a España anclarse en proyectos tractores del continente.

Se recomienda una arquitectura de gobernanza sólida y estable, con un órgano coordinador interministerial, la eventual creación de una **Alianza Nacional de Semiconductores** y la necesidad de una Estrategia Nacional que articule capacidades e inversiones más allá del horizonte del PERTE. También se propone avanzar hacia **mecanismos fiscales competitivos** para atraer inversión y favorecer la I+D. También se señalan cuellos de botella administrativos que deben resolverse para acelerar la tracción del ecosistema.

En **defensa** se proponen medidas concretas como fomentar el **diseño de ASIC** específicos, potenciar tecnologías como la **fotónica integrada y tecnologías cuánticas** para comunicaciones seguras, **sensores** resistentes a entornos hostiles o **computación de alto rendimiento** para vigilancia. Asimismo, se aboga por la plena **integración del sector defensa en el PERTE Chip**, complementaria a la participación activa en consorcios europeos como el EDF (*European Defence Fund*) y los programas tecnológicos de la OTAN.

Se identifica el **potencial del sistema de ciencia español**, pero se advierte sobre su desconexión con la industria. Se recomienda fortalecer los proyectos como las **misiones orientadas**, generar **propiedad intelectual**

en microelectrónica, consolidar una **red de centros de excelencia**, crear **incubadoras deep-tech** y **apoyar start-ups y scale-ups mediante capital público-privado y compra pública de innovaciones**. En cuanto a las capacidades industriales, se proponen iniciativas que pongan en valor los nodos maduros, los semiconductores compuestos como GaN y las capacidades en encapsulado, las tecnologías emergentes y el fortalecimiento de los eslabones más accesibles para España, entre otras propuestas.

También se posiciona la **sostenibilidad como ventaja competitiva** y se destaca el papel de la minería estratégica (silicio, galio, tierras raras), el reciclaje electrónico y el diseño ecológico de chips. Se aboga por una **estrategia circular para los semiconductores**, con criterios ambientales desde el diseño al final de vida útil y siempre **compatibles con la competitividad de nuestras empresas**.

Respecto al **talento**, que ha sido mencionado como **capacidad crítica** prácticamente en todas las sesiones del Grupo de Trabajo, se propone una hoja de ruta basada en tres niveles: formación profesional específica (incluyendo formación dual), másteres interuniversitarios y programas de doctorado industrial. También se recomienda reforzar las Cátedras Chip, establecer acuerdos con universidades extranjeras para movilidad internacional, facilitar visados para profesionales del sector e incentivar el retorno del talento español en el extranjero. Finalmente, entre otras recomendaciones, se plantea la creación de un **Observatorio Nacional de Talento en Microelectrónica**, dentro de un **Plan Nacional de Formación en Microelectrónica**, para alinear la oferta formativa con la demanda del ecosistema.

El informe propone que las **Administraciones territoriales** actúen como facilitadores de inversión, impulsores de la formación y

dinamizadores de ecosistemas regionales. Se destaca el valor de los **clústeres autonómicos como espacios de colaboración público-privada**. Asimismo, se sugiere establecer una **Conferencia Sectorial de Semiconductores para coordinar políticas regionales**, y crear oficinas regionales de atracción de inversión con **ventanilla única para el sector**. También se recomienda fomentar la compra pública de innovaciones desde ayuntamientos, impulsar infraestructuras compartidas (salas blancas, laboratorios) y construir una marca-país que integre los activos regionales dentro de una estrategia común.

España necesita una **Estrategia Nacional de Semiconductores** que trascienda el marco del PERTE actual, con una visión de largo plazo, inversión sostenida y una gobernanza inclusiva que integre a todos los actores clave del ecosistema. Este informe sienta las bases de dicha estrategia, alineando capacidades, prioridades y herramientas para que España juegue un papel relevante en la Siliconomía europea y fortalezca su soberanía tecnológica en un mundo en transformación acelerada.

# IN TRO DUC CIÓN



**2020.** Pandemia COVID-19. La emergencia sanitaria estalla a principios de año entre enero y marzo según el país, seguida de una crisis económica y social global debido al drástico parón de las economías nacionales. Escenarios de ruptura de suministro de cadenas de valor relacionadas con la utilización de chips en sectores como el de la automoción y servicios de altas prestaciones. Comienzan las tensiones entre EE. UU. y China por comercio, tecnología (Huawei y TikTok) y el origen del virus. Acuerdo de Abraham: Emiratos Árabes Unidos y Baréin normalizan relaciones diplomáticas con Israel. Joe Biden derrota a Donald Trump en las elecciones en un clima de polarización política.

**2021.** Retirada desordenada de Afganistán por parte de EE. UU. y resto de aliados occidentales. Fin de veinte años de intervención, los talibanes retoman el poder en agosto. Crisis energética global debido a la recuperación pos-COVID y problemas de suministro. Tensiones entre Rusia y Ucrania, comienzan las concentraciones de tropas rusas en la frontera. Cumbre del G20 y COP26 con avances limitados en cambio climático y economía pospandemia.

**2022.** Rusia invade Ucrania en febrero generando el mayor conflicto armado en Europa desde la Segunda Guerra Mundial. Sanciones masivas contra Rusia, asilamiento financiero, energético y tecnológico sin precedentes. Fin de la política de COVID Cero en China tras protestas masivas. Inflación global y crisis energética exacerbadas por la guerra en Ucrania y los cuellos de botella logísticos.

**2023.** Conflicto en Sudán, estalla una guerra civil entre facciones militares. Expansión de los BRICS, con la incorporación de Arabia Saudí e Irán, desafiando el orden occidental. Cumbre de la OTAN en Vilna, en la que se refuerza el apoyo a Ucrania. Reconfiguración del comercio global, con deslocalizaciones hacia países aliados y búsqueda de autonomía estratégica.

**2024.** La Unión Europea cambia de rumbo. Nuevo paradigma hacia la soberanía tecnológica y la superación de nuestras dependencias actuales. Competitividad, defensa y autonomía estratégica en el foco. EE. UU. continúa reforzando las cadenas de suministro en sectores clave. Crisis en el mar de China, tensiones entre China, Taiwán, Filipinas, y EE. UU. Escalada en Medio Oriente tras el atentado de Hamás el 7 de octubre en Israel. Escenario de guerra en Gaza y Líbano, arrastrando a actores regionales. Elecciones en EE. UU. en las que Donald Trump es reelegido.

**2025.** Estamos siendo testigos de cambios muy rápidos en las dinámicas globales que afectan a nuestra capacidad económica y a nuestras alianzas tradicionales, y que ponen en jaque nuestra capacidad de defensa y la seguridad de las democracias occidentales. Guerra en Ucrania estancada, con cambios en la ayuda internacional por parte de EE. UU. India y China buscan mayor protagonismo geopolítico, mientras que Occidente se reorienta hacia la seguridad, el rearme y la tecnología. Continúa la rivalidad en semiconductores, IA y ciberseguridad, con regulaciones más duras, control de exportaciones y aranceles generalizados impuestos por EE. UU. sin precedentes a todo el comercio global.

No es un sueño. La pandemia supuso, en relación con el sector de los semiconductores, una gran **disrupción de la cadena de suministro** paralizándolo gravemente a amplios sectores industriales como los del automóvil o los electrodomésticos de gran consumo, entre otros. Las numerosas **crisis geopolíticas y nuevos conflictos** de guerra híbrida recientes, así como el cambio de rumbo de Estados Unidos abriendo la puerta a una guerra comercial y a la desconfianza entre sus aliados naturales, han añadido una mayor tensión en los mercados y nos han hecho despertar. **Europa es consciente de la necesidad de promover la soberanía tecnológica** y minimizar en lo posible la dependencia tecnológica en varios ámbitos, siendo uno de los más relevantes el de los semiconductores por su transversalidad en el desarrollo de productos tecnológicos de todo tipo (véase el reciente informe «El futuro de la competitividad europea» de Mario Draghi<sup>1</sup>).

Una somera visión a los últimos cinco años nos confronta con un panorama en el que **España, dentro de Europa**, con el marco de la Ley Europea de Chips (*Chips Act*)<sup>2</sup> y **en un contexto global, debe posicionarse** para reforzar su autonomía estratégica, sus capacidades de defensa y la competitividad de sus empresas tractoras actuales y futuras. Los **semiconductores como tecnología habilitante**, transversal a múltiples sectores, constituyen un ámbito por el que apostar. España aspira a posicionarse a nivel global con ayuda del **PERTE Chip**<sup>3</sup>, cuyas inversiones se desarrollan de momento muy lentamente, probando que las subvenciones o préstamos para este sector son condición necesaria pero no suficiente para atraer inversiones y desarrollar este complejo sector para alcanzar un nivel aceptable. En estos momentos, además, se está ultimando una nueva **Ley de Industria y Autonomía Estratégica**<sup>4</sup> en cuyo anteproyecto, en trámite en el Parlamento desde diciembre de 2024, no se encuentran referencias específicas al sector

de los semiconductores. A su vez, en marzo de 2025, el Gobierno anuncia un plan<sup>5</sup> en el que se abordan un **programa de exploración minera y una nueva ley de minas** para contribuir al objetivo europeo de reducir la dependencia, sobre todo de China, en materias primas fundamentales o críticas, muchas de ellas utilizadas en productos de alto valor añadido como los chips.

El **Grupo de Trabajo de Cotec para el Descubrimiento de Oportunidades en el Sector Estratégico de los Semiconductores en España** se pone en marcha en noviembre de 2024 con el objetivo de promover una reflexión sobre el sector estratégico de los semiconductores que ayude a **detectar las oportunidades** que puede ofrecer para España en un contexto globalizado, terminando sus sesiones en mayo de 2025. Como país estamos llamados a la acción urgente que permita alinear visiones y contar con una estrategia nacional, participada por todos los agentes, que permita reforzarnos. El trabajo realizado en el grupo permite **aportar una serie de propuestas**, a varios niveles y para distintos agentes, con la intención de **acelerar el posicionamiento de nuestras empresas e instituciones y la reindustrialización urgente** en este sector, así como servir para el desarrollo de una futura **Estrategia Nacional de Microelectrónica y Semiconductores**.

Existen **trabajos recientes** sobre el tema, dedicados sobre todo al contexto internacional del sector de los semiconductores, como los realizados por la SIA<sup>6</sup> (Semiconductor Industry Association americana) o diversas consultoras como McKinsey<sup>7</sup> o Deloitte<sup>8</sup>, entre otras. A nivel nacional, **AMETIC** ha desarrollado un mapeo de la formación<sup>9</sup> y recomendaciones para una Estrategia Nacional de Microelectrónica<sup>10</sup> que pueden servir de referencia, y **AESEMI** reúne al sector en torno a la celebración anual de CHIPNATION<sup>11</sup>, entre otras iniciativas. Entre las recomendaciones de alto nivel de ambas

asociaciones se encuentra la de promocionar espacios de diálogo cualificados, como el que ha constituido este Grupo de Trabajo en Semiconductores de Cotec.

Por lo tanto, este informe es una **reflexión sobre el sector de los semiconductores en España**, sobre cuál es el papel que quiere/ debe/puede asumir nuestro país, involucrando a empresas, Administraciones e instituciones volcadas con la innovación a través de Cotec y con expertos externos, primeras figuras en sus campos. Las propuestas que surgen de este informe pretenden **concretar recomendaciones específicas** para impulsar líneas de actuación de Administraciones y sus políticas públicas, sin olvidarnos del nivel regional y local. También las empresas y las entidades dedicadas a la innovación, la investigación y la educación españolas son objeto de las recomendaciones de este Grupo de Trabajo, abogando por una **estrategia nacional definida y con la participación de todos los agentes involucrados**.



# MARCO GEOPOLÍTICO. SILICONOMÍA Y POLÍTICA DEL SILICIO

# 01.



## SILICONOMÍA

Los semiconductores se han convertido en el nuevo petróleo de la era tecnológica. Son piezas fundamentales de la economía digital y la industria a nivel global, y generan la base económica de las transiciones digital y verde. El concepto de **Siliconomía**<sup>12</sup> (*Siliconomy*), creado en INTEL, engloba «el desarrollo económico facilitado por los semiconductores como partes esenciales para mantener y facilitar las economías modernas». Hoy en día la tecnología permea prácticamente todos los aspectos de nuestras vidas y el desarrollo presente y futuro evoluciona hacia una demanda insaciable de potencia de procesamiento (Figura 1). Su importancia se refleja en los mercados, y viene siendo monitorizada en informes periódicos de importantes consultoras, publicaciones especializadas y asociaciones industriales del sector. Algunos de estos informes se pueden encontrar en la bibliografía, y los datos aportados en este informe se basan en sus predicciones y en las fuentes aportadas por los expertos y los miembros del Grupo de Trabajo.

Los semiconductores fueron el cuarto producto más comercializado en el mundo en 2021. En 2022, las ventas mundiales de chips alcanzaron los 57 000 millones de dólares, habiéndose triplicado desde el 2000. La tendencia sigue al alza, a pesar de atravesar ciclos de escasez y sobreoferta, con unos ingresos estimados de 627 000 millones en 2024, lo que supone un crecimiento del 19 % respecto a 2023<sup>13</sup>. La base del crecimiento de la Siliconomía se apoya en la **ubicuidad de los «superpoderes tecnológicos»**<sup>14</sup> de **la computación, la conectividad, la infraestructura, la inteligencia artificial y el censado**. Todos ellos se combinan, amplifican y

refuerzan para abrir paso a nuevos desarrollos tecnológicos aún más potentes. Consultoras como Mckinsey<sup>17</sup> y Gartner<sup>14</sup> apuntan a que **el sector podría superar el trillón americano de dólares en 2030 o 2035** impulsado por la demanda de las comunicaciones inalámbricas, la computación, la automoción y la industria.

Las nuevas necesidades industriales como la electrificación de la movilidad, o la industria médica que sirve con sus dispositivos a una creciente medicina personalizada, así como el potenciamiento de las capacidades de defensa y seguridad de los distintos bloques geopolíticos, van a suponer un tirón aún mayor de lo previsto en la demanda de semiconductores en un futuro próximo. Por ello, dada la transversalidad de los sectores dependientes de los semiconductores, **cualquier disrupción en su suministro repercute profundamente en la economía mundial**. Un ejemplo contundente fue la escasez global de chips entre 2020 y 2022, agravada por la pandemia, el confinamiento (sobre todo en China), la guerra de Ucrania y la inflación resultante, así como por otros problemas persistentes en la cadena de suministro, lo que forzó la parada de líneas de producción de fábricas en todo el mundo, incluida España. En este sentido, la Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC) ofrece datos<sup>15</sup> de la disminución de un 7,5 % de la producción de vehículos en España durante 2021 debido a la crisis de los chips. Solo en la industria automovilística, la escasez de chips causó un recorte global en la producción de 7,7 millones de vehículos y pérdidas de alrededor de 210 000 millones de dólares en 2021<sup>16</sup>. Los retrasos afectaron también a fabricantes de electrodomésticos, teléfonos inteligentes, ordenadores y equipos industriales, provocando innumerables sobrecostes.

**FIGURA 1.** El rol de los semiconductores en la economía global



1970s sport car

**8 semiconductors**



Average non-electric car

**1,000 semiconductors**



Today modern car

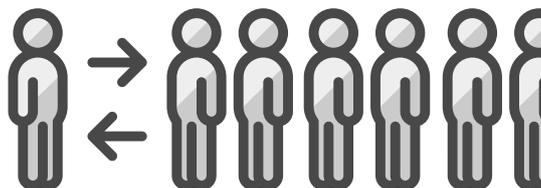
**3,000 semiconductors**



Electric car

**5,000-7000 semiconductors**

**1**  
Siliconomy job



**5,7**  
Jobs supported  
by the Siliconomy

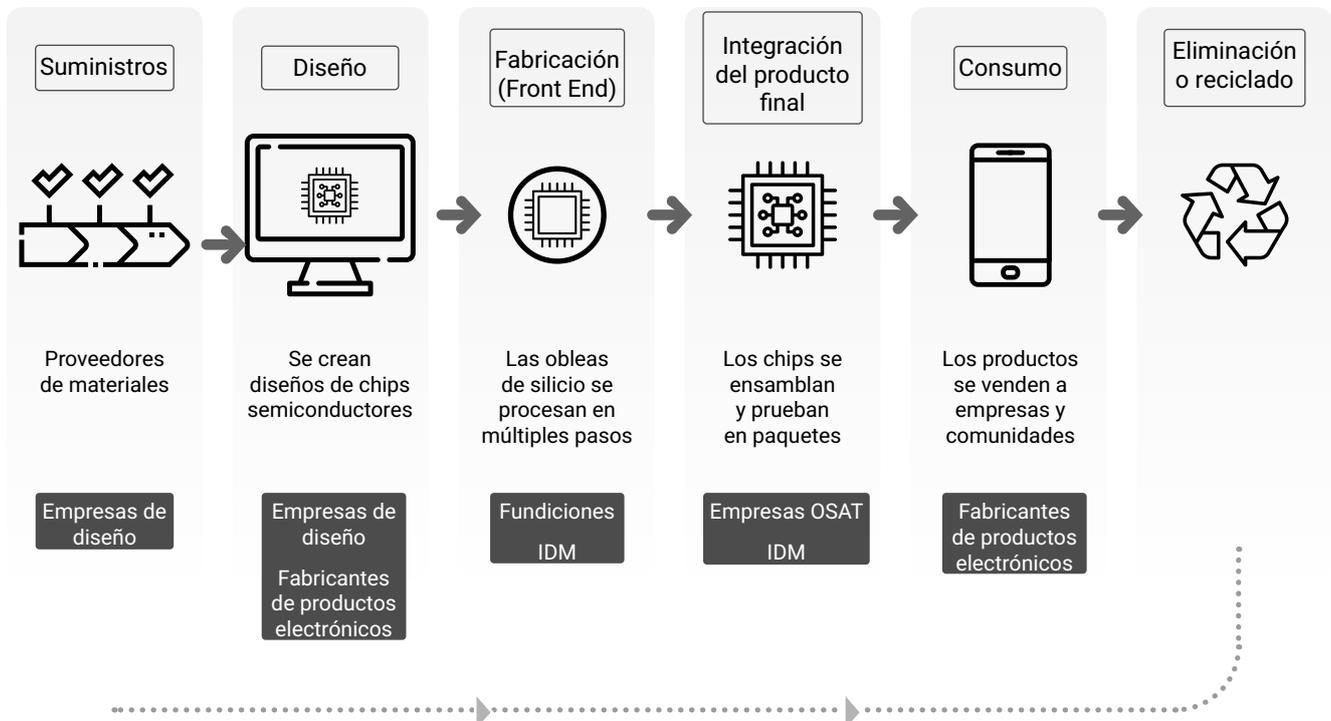
Fuente: Imágenes de la INTEL fact Sheet Siliconomy

Las economías más avanzadas son las más dependientes de los semiconductores y su cadena de valor y esto ha provocado que el perfil geoestratégico de los semiconductores se haya elevado considerablemente en los últimos años, ya que son el **motor de innovación y desarrollo económico** y, a la vez, **activos críticos para la seguridad nacional** de las potencias tecnológicas. De hecho, la carrera por asegurar chips avanzados está ligada a ámbitos de importancia no solo económica, sino también militar de primer orden, como son la computación de alto rendimiento, la inteligencia artificial y las tecnologías cuánticas.

## LA OFERTA

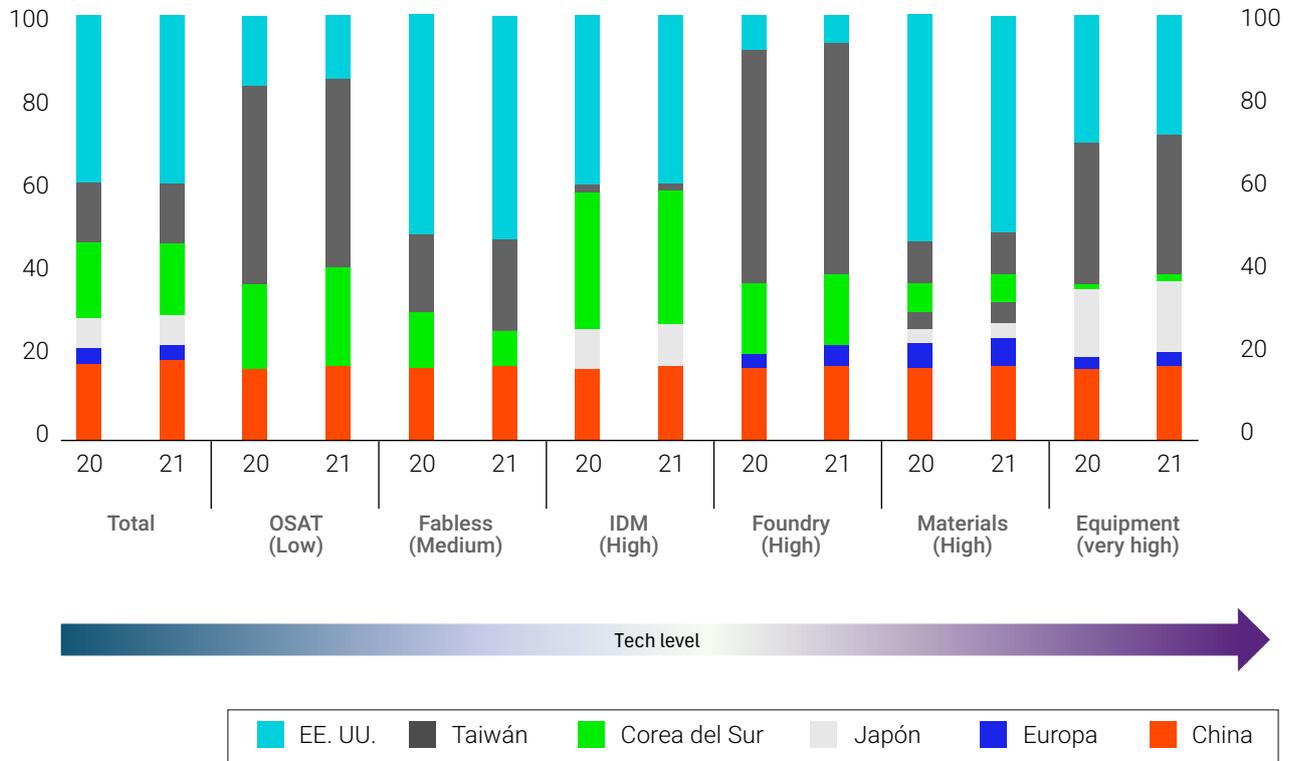
La cadena de valor de los semiconductores es **muy compleja** (Figura 2), altamente globalizada e interdependiente, con diferentes regiones especializadas en distintas etapas. De hecho, durante su fabricación, incluyendo el diseño, la manufactura, el encapsulado, el testeo y la integración en el producto final, un chip puede llegar a recorrer hasta 25 000 millas y 73 países<sup>7</sup> (para no especialistas, la cadena de valor de los semiconductores se explica en el **Anexo I. Entendiendo la cadena de valor de los semiconductores**).

**FIGURA 2.** Cadena de valor de los semiconductores



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 3.** Participación regional del mercado mundial de semiconductores por subsector



Fuente: García-Herrero, 2023

**Estados Unidos** domina el diseño (las *fabless*, empresas de diseño de chips como Qualcomm, Nvidia, AMD), es muy relevante en IDM (*integrated device manufacturers*, que son las empresas que diseñan, fabrican y venden sus propios chips como INTEL o Texas Instruments), destacando la empresa GlobalFoundries como *foundry* (fundiciones o fábricas especializadas en la fabricación de chips para terceros) y en el desarrollo de equipos industriales como Applied Materials (en maquinaria de obleas entre otras capacidades de procesado). Estados Unidos conserva el liderazgo en las fases de mayor contenido en I+D (Figura 3). Según la Asociación de la Industria de Semiconductores (SIA) americana, Estados Unidos concentra casi el 50 % de las ventas de las ventas globales del sector de los semiconductores y el 70 % de las empresas líderes del sector de automatización de diseño electrónico (EDA). Sin embargo, de tener un 37 % de la cuota de fabricación de

chips en 1990 ha pasado a un 12 % actualmente, debido al traslado parcial de su capacidad a Asia.

**Corea del Sur** destaca también en IDM (Samsung, Sk Hynix) y empieza a ser relevante en el modelo de *foundries*, en el que destaca especialmente otro país, **Taiwán, liderando con TSMC** (Figura 3). Tanto Taiwán como Corea del Sur lideran la fabricación de chips de vanguardia (<10-7 nm) y gran parte de las memorias (DRAM y NAND), lo que supone una vulnerabilidad de la cadena de suministro global teniendo en cuenta la tensión geopolítica especialmente en el caso de Taiwán, que ya está desplegando múltiples fábricas en otros lugares del mundo (EE. UU. y Europa) para minimizar riesgos.

**Taiwán** también es la principal localización de OSAT (*outsourced semiconductor assembly and test*, es decir, la industria de ensamblaje y testeo, Figura 3), estando también Malasia bien

situada, aunque con menor relevancia en este sector. Aunque las OSAT son tecnológicamente menos exigentes, el empaquetado constituye un cuello de botella crítico, ya que la incapacidad de empaquetar y testear puede paralizar la producción aguas abajo en la cadena de valor.

**Japón** por su parte es el proveedor más destacado de materiales (silicio, químicos y gases especiales entre otros insumos del principio de la cadena de producción) y también destaca en la fabricación de equipo industrial, memorias *flash* (Kioxia) y sensores (Figura 3). Más de dos terceras partes de los materiales y gases ultrapuros provienen de empresas japonesas, lo que las convierte en proveedores insustituibles, aunque menos visibles. En la actualidad está reforzando su capacidad de producción de chips con acuerdos con TSMC para crear una *foundry* JSMC y con IBM, que ha licenciado tecnología de 2 nm para su iniciativa Rapidus.

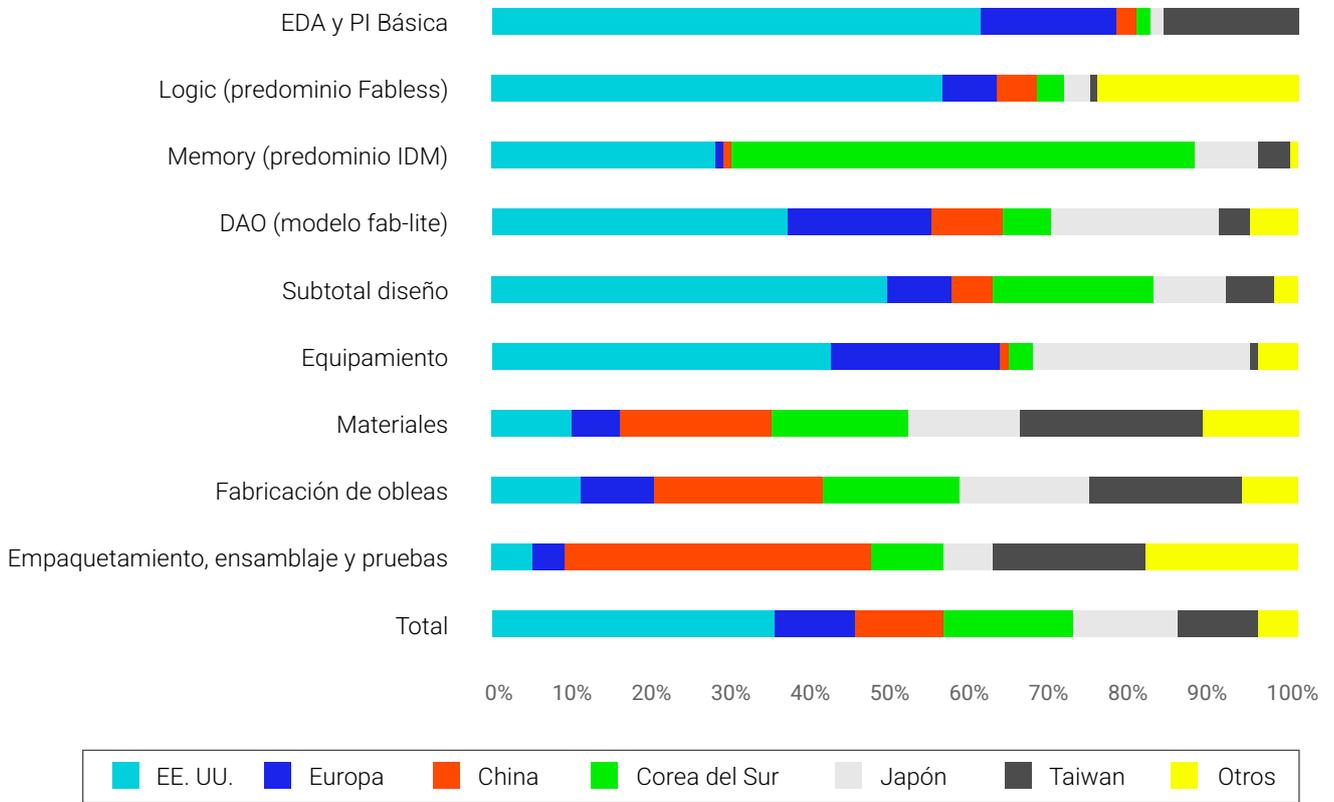
**Europa** tiene una pequeña presencia de IDM y *foundries* (Figura 3), especialmente en el sector del automóvil y los electrodomésticos (Bosch, NXP, Infineon, STMicroelectronics, entre otras), muy especializadas en semiconductores de potencia y sensores en nodos maduros (hasta 22 nm) tras años de deslocalizaciones. Sí presenta una relevancia internacional en equipos de tecnologías avanzadas, siendo proveedor prácticamente único de los equipos necesarios para la litografía de UV extrema (de la empresa holandesa ASML), necesaria para fabricar los chips de los nodos más avanzados, y alberga centros punteros de I+D y prototipado como IMEC. La industria europea consume alrededor del 20 % de los chips mundiales, pero solo fabrica alrededor del 9 %.

El caso de **China** es particular, porque los semiconductores son el primer artículo de importación del país (350 000 millones de dólares al año), que en 2015 ya superaron por

primera vez al petróleo como su importación principal. Como proveedor se observa además un papel emergente de China (Figura 3), que destaca en OSAT, y tiene un cierto papel en *fables*, materiales (monopolizando materias primas como el Ga y el Ge) y *foundries* para los nodos más convencionales (nodos maduros > 45 nm, y nodos no punteros entre 20 y 45 nm, propios de las aplicaciones en el mercado de los electrodomésticos, automoción o IoT básico). Recientemente ha adquirido capacidades significativas de fabricación de chips de >7 nm, gracias a la inyección de fondos públicos nacionales en empresas chinas (con *foundries* como SMIC o HuaHong). Ninguna empresa china figura como líder de la cadena de valor más sofisticada (p. ej., litografía avanzada, chips lógicos de vanguardia o equipamiento clave), ni tiene acceso a algunas tecnologías como la litografía UV extrema de ASML debido a los controles de exportación impuestos por Estados Unidos.

Considerando el total de la cadena de suministros, el papel más relevante es el de Estados Unidos, seguido por Corea, Taiwán y con roles globales parecidos para Europa, China y Japón. Sin embargo, estas últimas cifras globales pueden resultar engañosas, porque como se puede observar, ninguna de las potencias proveedoras de semiconductores controla toda la cadena de valor y las interdependencias son un punto crítico y fundamental del mercado al concentrarse ciertos eslabones en unos pocos polos geográficos (Figura 4). Esto último, siendo causa de vulnerabilidades geopolíticas en el suministro y una limitación evidente en las aspiraciones de alcanzar soberanía tecnológica en Europa u otras regiones, abre un espacio a las oportunidades para España que podría posicionarse en la cadena de valor en uno o varios nichos que generen una interdependencia de alto valor añadido, algo que exploraremos más adelante en este informe.

**FIGURA 4.** Especificidades de la interdependencia



Fuente: Servicio de Investigación del Parlamento Europeo (EPRS), 2022

Asimismo, es notable que la evolución actual de los distintos planes puestos en marcha por múltiples Gobiernos está siendo rápida, produciéndose cambios de tendencias importantes. Por poner algunos ejemplos, Estados Unidos está reforzando mucho sus capacidades de fabricación, fundamentalmente con nuevos proyectos por parte de INTEL (IDM) y de TSMC (*foundry*) entre otros; Europa también está apostando por las *foundries* con nueva localización de TSMC, y un proyecto de INTEL (con ciertas incertidumbres actualmente); Japón está apostando por la fabricación de chips de tecnologías muy avanzadas (nodo de 2 nm, en su proyecto Rapidus de la mano de IBM); China por su parte comenzó a integrarse en la cadena de suministro por la parte más baja desde el

punto de vista de desarrollo tecnológico como son las OSAT y las *fabless*, pero han hecho un gran esfuerzo en transformar sus máquinas de litografía para poder acceder a chips de nodos más avanzados y ha anunciado recientemente la fabricación de un nuevo procesador Xuan Tie C930 desarrollado por Alibaba, Tencent y la Academia de Ciencias de China basado en RISC-V (sistema de *hardware* de código abierto), que compite con las soluciones de Intel y AMD, permitiéndole posicionarse en el segmento de las altas prestaciones en inteligencia artificial, computación en la nube y supercomputación y eliminar su dependencia de Qualcomm o NVIDIA. Si algún país puede llegar a ser autónomo en el sector de los semiconductores, **muy probablemente se trate de China**, aunque aún quede algo de recorrido.

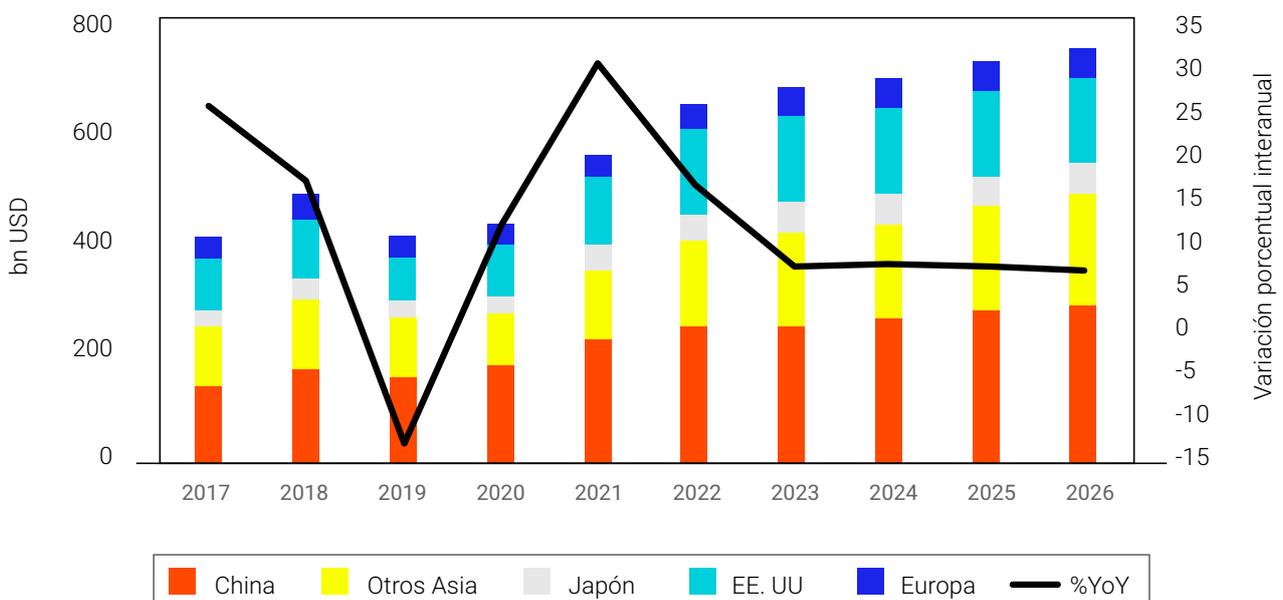
Merece la pena también mencionar a los **países emergentes como India**, que está realizando grandes esfuerzos por entrar en este mercado, poniendo en marcha un ambicioso plan por parte de su Gobierno. Sin embargo, construir un ecosistema desde cero es algo muy complejo, como muestra la cancelación de la fábrica anunciada por Vedanta-Foxconn en 2023. Otros países del sudeste asiático como **Vietnam, Tailandia y Singapur**, así como de **Oriente Medio**, han manifestado su interés en el desarrollo de este sector, aunque hasta ahora las inversiones son reducidas y se limitan fundamentalmente a actividades de ensamblaje o a inversiones de terceros.

## LA DEMANDA

La variación interanual de la demanda global creció de manera significativa desde 2019 hasta 2021 (con un pico este año superior al 25 %), coincidiendo con el auge del teletrabajo, la

aceleración de la digitalización y el aumento del consumo electrónico iniciado en la pandemia. Esta tendencia se estabiliza con un crecimiento más moderado a partir de 2023, lo que sugiere un ajuste y la estabilización del mercado pospandemia. Como ya se ha comentado anteriormente, **China es el mayor consumidor**, aunque su crecimiento se estabiliza en los años proyectados. Por el contrario, Estados Unidos y Asia (sin Japón ni China) muestran un crecimiento sostenido. Europa y Japón mantienen una participación relativamente estable y menor comparativamente con los anteriores. En la categoría de Other Asia, en la que entran Taiwán y Corea del Sur, la demanda en el mercado es significativa. Las previsiones de crecimiento hasta 2026 se estabilizan alrededor del 5 % anual, lo que supone que la industria está entrando en una fase más madura y enfrentando retos estructurales, en términos de capacidad productiva, autonomía tecnológica y resiliencia de la cadena de suministro (Figura 5).

**FIGURA 5.** Demanda de semiconductores por regiones



Fuente: Jorge-Ricart, 2023

## ESTRATEGIAS Y POLÍTICAS INDUSTRIALES GLOBALES

La demostrada importancia estratégica de los semiconductores y las vulnerabilidades en su cadena de suministro, como las sufridas recientemente, han impulsado el establecimiento de planes y programas específicos por parte de las principales potencias tecnológicas. Estos planes se desarrollan como estrategias industriales y tecnológicas ambiciosas para asegurarse un papel fortalecido en la cadena de suministro y la supremacía en los estándares y aspectos normativos de la electrónica industrial<sup>17</sup>, cada vez más relevantes. **La Política del Silicio** (*Silicon Politics*) se ha convertido en un elemento clave de la competencia geopolítica y económica entre bloques.

Aunque no es la única herramienta, los **créditos e incentivos (C&I)** globales constituyen un mecanismo de financiación pública que aporta a las empresas parte de su gasto elegible en proyectos innovadores. Estos incentivos se concretan en apoyo financiero directo (subvenciones, ayudas) y beneficios fiscales (deducciones o créditos fiscales reembolsables, exenciones, etc.), reduciendo el costo neto de las inversiones en I+D y en el desarrollo de tecnología. Por lo general, existen tanto incentivos discrecionales, otorgados caso por caso en función de criterios como la innovación, creación de empleo, inversión de capital, sostenibilidad o localización, como incentivos automáticos por ley, es decir, deducciones o créditos fiscales establecidos normativamente según las inversiones realizadas o los puestos de trabajo creados (a veces condicionados a cierta ubicación). En conjunto, los programas de C&I se han convertido en una fuente significativa de cofinanciación para proyectos de alta tecnología, mejorando el ROI (retorno de la inversión) de la innovación empresarial y siendo una potente herramienta de atracción de

las inversiones en sectores tecnológicos como el de los semiconductores.

Las compañías pueden acceder a distintos créditos y ayudas en función de ciertos factores desencadenantes. Entre los criterios típicos de **elegibilidad** se encuentran:

- **La innovación e I+D.** Se promueven proyectos de investigación y desarrollo, desde la investigación básica hasta desarrollos precomerciales o a nivel de planta piloto.
- **El empleo.** Se premia la creación de puestos de trabajo (nuevos empleos y mantenimiento o crecimiento del personal).
- **Las inversiones de capital.** Se apoyan las inversiones en activos fijos, ya sean infraestructuras, nuevas plantas o adquisición de equipamiento, considerando también el horizonte temporal de la inversión.
- **La localización geográfica.** Se busca la creación de ecosistema o la redistribución de actividad económica mediante la realización de actividades en áreas o regiones específicas, siendo la huella global del proyecto (p. ej., instalar una planta en una región prioritaria) de gran influencia en la disponibilidad de incentivos.
- **La sostenibilidad y la energía.** Se apoyan inversiones que mejoran la sostenibilidad ambiental o la eficiencia energética, incluyendo proyectos verdes o de transición energética en múltiples sectores.

Estos factores determinan la configuración y la intensidad de las ayudas públicas que un proyecto puede conseguir, orientando a los Gobiernos a incentivar comportamientos alineados con sus políticas de desarrollo (innovación, empleo de calidad, cohesión regional, transición verde, etc.).

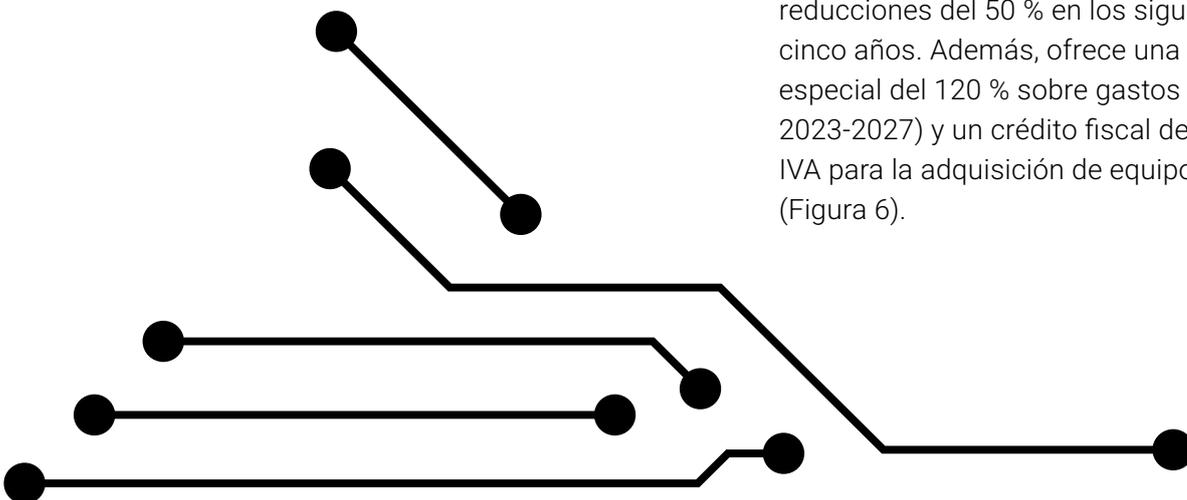
La variedad de enfoques, desde incentivos fiscales generales para I+D (caso de Francia, con un crédito fiscal del 30 % en I+D, o Reino Unido, con devolución del 15-33 % vía *cashback* y régimen *Patent Box* al 10 %) hasta programas masivos de subsidios directos (caso de China o de las iniciativas norteamericanas), es enorme a la hora de ofrecer palancas de atracción de las inversiones y el impulso de la I+D en semiconductores. La competencia entre países por atraer proyectos de alta tecnología ha dado lugar a un entorno donde prácticamente todas las jurisdicciones ofrecen algún tipo de apoyo; por ejemplo, Bélgica financia hasta un 10 % de la inversión vía deducciones y otorga subvenciones salariales para investigadores, mientras Singapur combina créditos fiscales reembolsables de hasta el 50 % con tipos impositivos reducidos para actividades avanzadas. Para las empresas globales, navegar y combinar eficientemente estos incentivos se ha vuelto un factor clave en la planificación financiera de proyectos tecnológicos.

Veamos a continuación las bases de las estrategias de China, Estados Unidos, Unión Europea, Japón, Corea del Sur, Taiwán y otros actores como India.

## CHINA. SU CARRERA HACIA LA AUTOSUFICIENCIA

**China** le da la máxima importancia política a la reducción de su dependencia de chips extranjeros. Ya en 2014 su Consejo de Estado elaboró las Directrices Nacionales para el Desarrollo y la Promoción de una Industria de Circuitos Integrados, a las que siguió el plan **Made in China 2025**<sup>18</sup>, que incluyó los semiconductores como sector estratégico para conseguir su objetivo crítico de soberanía tecnológica. En concreto, China ha movilizado dos fondos (primer y segundo gran fondo) dedicados al desarrollo de circuitos integrados a nivel nacional, que suman a los fondos públicos locales a nivel municipal y provincial (Figura 6). La financiación total ha aportado 150 000 millones de dólares en un periodo de seis años entre el 2014 y el 2020. Se ha acompañado esta inversión de subvenciones, préstamos blandos e incentivos fiscales. Gracias a todo ello, China ha avanzado mejoras en su capacidad productiva (por ejemplo, SMIC ha escalado a nodos de unos 7 nm). Sin embargo, aún se encuentra rezagada con un 16 % de su consumo cubierto por la producción doméstica, lejos del objetivo oficial del 70 %.

Por otra parte, China otorga amplios beneficios fiscales a las empresas de semiconductores, incluyendo exenciones del impuesto de sociedades de dos a cinco años, seguidas de reducciones del 50 % en los siguientes tres a cinco años. Además, ofrece una deducción especial del 120 % sobre gastos de I+D (vigente 2023-2027) y un crédito fiscal del 15 % sobre el IVA para la adquisición de equipos avanzados (Figura 6).



**FIGURA 6.** Montantes de inversión de China

Tipo de inversión respaldada por el Gobierno	Financiación	Nivel administrativo
Primer Gran Fondo Nacional	21.000 millones US\$	Nacional
Segundo Gran Fondo Nacional	35.000 millones US\$	Nacional
15 fondos públicos locales	Al menos, 25 000 millones US\$	Municipal y provincial
Ayudas públicas, incentivos fiscales y préstamos a tipos de interés bajos	50 000 millones US\$	Nacional

Fuente: Jorge-Ricart, 2023

Las autoridades chinas combinan estas inversiones con políticas proteccionistas y de control, imponiendo requisitos a empresas extranjeras que operan en China en cuanto a la transferencia de tecnología, y restricciones a las exportaciones de recursos críticos como contramedida a la guerra tecnológica y comercial. En este sentido, en 2023 se impusieron controles de exportación de productos de galio y germanio, de manera que los exportadores chinos necesitan licencias especiales para vender al exterior. Esta medida causó gran preocupación a nivel mundial, puesto que supuso un corte del suministro del que China proveía el 80 % mundial de galio refinado. En paralelo, China está invirtiendo esfuerzos en la innovación local, especialmente en sus propias herramientas de litografía, *software* EDA y diseños RISC-V para evadir las limitaciones impuestas por Occidente, fundamentalmente por Estados Unidos. En este sentido, lejos aún de la autosuficiencia a pesar de las cantidades invertidas, China ha puesto en marcha una política dual en la que apuesta por el acopio de suministros a corto plazo mediante importaciones masivas, por ejemplo, de chips para IA comprados a terceros países, mientras desarrollan su ecosistema propio a medio plazo, asumiendo que los avances en semiconductores serán graduales.

#### ESTADOS UNIDOS. RECUPERAR FABRICACIÓN Y CONTENER A CHINA

En 2022 el Congreso estadounidense aprobó la **Ley de Chips y Ciencia** (*Chips and Science Act* <sup>19</sup>), que incluye subvenciones para la fabricación de semiconductores, inversiones en investigación y un crédito fiscal a la inversión para la fabricación de chips. Su objetivo principal es remontar en su descendente capacidad de fabricación, que disminuyó desde el 37 % de los chips globales en 1990 al 12 % actual. De la misma manera, aumenta significativamente la inversión federal en la I+D en semiconductores que se había mantenido estable durante años, a diferencia del crecimiento experimentado por otros países. Su inversión pública asciende a 57 000 millones de dólares y se reparte en objetivos de investigación, diseño, fabricación y generación de mano de obra especializada. Del monto total, hay unos 39 000 millones destinados a subvencionar la construcción de nuevas fábricas y la expansión de algunas existentes (incluyendo de estos unos 2000 millones para nodos maduros (*legacy nodes*) utilizados en automoción y defensa). Otros 13 200 millones se destinan a I+D y el desarrollo de la fuerza laboral especializada, y unos 500 millones se invertirán en promover la seguridad de la cadena de suministro global. El plan

pretende además catalizar inversión privada adicional, que ya se ha materializado en los anuncios de megafábricas de INTEL en Ohio con una inversión prevista de hasta 100 000 millones en una década. TSMC está levantando plantas en Arizona, Samsung en Texas, y Micron en Nueva York, entre otros proyectos. Los resultados necesitarán cierto tiempo y superar el cuello de botella de la formación del personal técnico necesario.

Estados Unidos también ofrece un crédito fiscal reembolsable de hasta 25 % para gastos de capital en la industria de semiconductores, complementado con subvenciones directas disponibles para proyectos de inversión en el marco de la *Chips and Science Act*.

Una parte esencial de su política es el **uso de sanciones y control de las exportaciones**. Desde 2019, EE. UU. viene implementando restricciones progresivas contra Huawei y otras entidades chinas como SMIC, HikVision..., con prohibición de acceder a tecnología crítica estadounidense. En 2020 endureció la **Foreign Direct Product Rule** (FDPR)<sup>20</sup> para que incluso chips fabricados en terceros países con herramientas o diseños de EE. UU. no pudieran ser vendidos a Huawei sin licencia. En 2022, se impuso un paquete más amplio de restricciones a la exportación hacia China de semiconductores y equipos de fabricación. Estas medidas prohíben el suministro a China de chips de uso en supercomputación e IA (GPU y ASIC avanzados), así como circuitos lógicos por debajo de 14-16 nm, memorias DRAM <18 nm y NAND de 128 capas, salvo autorización especial. Adicionalmente, también se prohibió la participación de ciudadanos estadounidenses en fábricas chinas de tecnología punta, cerrando una brecha importante debido a la extensa colaboración de ingenieros de Taiwán y Silicon Valley con proyectos chinos. Estas medidas coordinadas en parte con sus aliados Japón y Países Bajos consiguieron restringir las ventas

de equipamiento litográfico, buscando ralentizar los avances chinos. En la actualidad, las empresas chinas no tienen acceso a las últimas GPU de NVIDIA y otros ASIC específicos para diseñar y entrenar modelos de IA que dependen fuertemente de la potencia computacional, lo que supone una barrera adicional en la carrera de la inteligencia artificial. Estados Unidos complementa estas sanciones con **alianzas estratégicas como el CHIP 4<sup>21</sup> con Japón, Corea del Sur y Taiwán**, para asegurarse la cooperación en suministros y estándares.

## UNIÓN EUROPEA. AUTONOMÍA ESTRATÉGICA Y CHIPS ACT

La **Unión Europea** se ha replanteado sus dependencias exteriores en las tecnologías de semiconductores tras sufrir los efectos de la escasez de semiconductores para su industria automovilística y digital, cambiando los paradigmas pasados para fortalecer la soberanía tecnológica en semiconductores. En febrero de 2022, La Comisión Europea presentó la iniciativa de la **Ley Europea de Chips<sup>2</sup>** (*European Chips Act*), aprobada definitivamente en 2023, con el objetivo emblemático de que Europa pase a producir un 20 % de los semiconductores mundiales en 2030 (el doble de su cuota actual). Este plan movilizará 43 000 millones de euros en inversión pública y privada para impulsar todo el ecosistema apoyándose en tres pilares de acción principales:

1. **La iniciativa Chips para Europa** apoyará el desarrollo de capacidades tecnológicas y la I+D y la innovación a gran escala. Se financiarán líneas piloto de fabricación de nueva generación, herramientas de diseño abierto, centros de competencia y la formación de talento especializado. La idea es facilitar a las *start-ups*, pymes y grandes empresas el acceso a infraestructura puntera (por ejemplo, las líneas piloto del IMEC o de CEA-Leti) para

prototipar chips avanzados. También prevé crear procedimientos de certificación de chips seguros y eficientes para sectores críticos (conducción autónoma, sanidad, energía, etc.).

2. **Marco para la instalación de nuevas infraestructuras**, que permita la atracción de megafábricas en territorio europeo contribuyendo a la seguridad del suministro. Se definen dos tipos de instalaciones de interés europeo: las *open EU foundries* (OEF), que trabajarán para clientes diversos, y las instalaciones integradas de producción (IPF), que son equivalentes a las IDM, que producen sus propios productos. Para obtener financiación, estas fábricas tienen que ser «únicas en su clase» (*first of a kind*), es decir, aportar capacidades que no existan ya en Europa y con «efecto incentivador». La Comisión ha relajado excepcionalmente las normas de ayudas de Estado para cofinanciar estos proyectos, permitiendo financiar hasta el 100 % del *gap* de inversión necesario, siempre que la ayuda sea adecuada (es decir, que no exista otro instrumento posible), que sea proporcionada (es decir, la mínima necesaria) y no desplace inversión privada existente. De hecho, esta iniciativa ha promovido los anuncios de la fábrica de nodos <2 nm de INTEL en Magdeburgo (Alemania) con apoyo público de 10 000 millones de euros, aunque parece que es una decisión, de momento, aplazada por Intel. Por otro lado, TSMC ya ha comenzado la construcción de una fábrica en alianza con BOSCH, INFINEON y NXP en Dresde para chips especializados en automoción, y también STMicro y GlobalFoundries amplían sus capacidades en Francia.

3. **Mecanismo de coordinación de respuesta**, creando un **Consejo Europeo de Semiconductores**<sup>22</sup> que monitorea el sector y actúa ante crisis. Este mecanismo de coordinación reúne a la Comisión,

los Estados miembros y empresas para compartir información sobre demanda-oferta y, en caso de escasez grave, declarar una emergencia. Bajo estas circunstancias se prevén mecanismos para intervenir, tomando medidas para priorizar pedidos para sectores críticos, facilitar autorizaciones aduaneras o limitar temporalmente exportaciones fuera de la UE, permitiendo una respuesta europea rápida y coordinada antes rupturas de suministro.

Además de la *Chips Act*, la Unión Europea ha incorporado los semiconductores a su **Estrategia de Seguridad Económica**<sup>23</sup> (2023) como tecnología crítica número uno que proteger. La estrategia propone una evaluación exhaustiva de los riesgos de seguridad económica en cuatro ámbitos: i) los riesgos para las cadenas de suministro, muy especialmente la seguridad energética, ii) riesgos para la seguridad física y la ciberseguridad de las infraestructuras críticas, iii) los riesgos relacionados con la seguridad tecnológica y la fuga de tecnología, y iv) los riesgos de militarización de las dependencias económicas o de coerción económica.

Bruselas propone mejorar el **control de inversiones extranjeras** en este sector y estudiar mecanismos para vigilar también las inversiones salientes de empresas europeas en fábricas externas a la Unión si implican transferencia de tecnologías sensibles. También se están reforzando alianzas internacionales, firmando acuerdos de cooperación en chips con EE. UU., Japón y Corea del Sur, buscando diversificar proveedores e intercambiar buenas prácticas, así como fomentar los debates y la acción para una mayor coordinación europea del control de exportaciones, la mejor manera de apoyar la investigación y el desarrollo de tecnologías de uso dual y medidas que refuercen la seguridad de la investigación a nivel nacional y sectorial.

Aunque Europa se plantea una estrategia integral que implica invertir en innovación (próxima generación de chips, semiconductores compuestos, fotónica y tecnologías cuánticas), atraer fabs para reducir su dependencia exterior y garantizar su resiliencia mediante regulación y cooperación, la meta del 20 % de la producción mundial en 2030 es ciertamente muy ambiciosa, y significa cuadruplicar la producción europea en menos de una década en un entorno en el que otros también están expandiendo sus propias capacidades. Conseguirlo no solo necesitará de mayores fondos, sino solventar retos de escasez de personal especializado y la ejecución ágil de proyectos en el entorno europeo que ha sido tradicionalmente más burocrático y con un foco en la (sobre)regulación.

En cuanto a los incentivos fiscales, estos dependen de cada país y nos encontramos con ejemplos como Alemania, que dispone de un crédito fiscal del 25 % para actividades de I+D, complementado con programas de subvenciones para la industria de semiconductores financiados a través de la Ley Europea de Chips. Italia ofrece generosos incentivos, incluyendo créditos fiscales de hasta 50 % para I+D en semiconductores y del 45 % para inversiones en transformación digital y transición energética. Adicionalmente, existe una superdeducción del 110 % de los gastos de I+D vinculados a creación de propiedad intelectual, más un crédito fiscal extra del 10 % para proyectos de investigación y desarrollo.

## JAPÓN. ALIANZA CON ESTADOS UNIDOS

**Japón**, con su **Plan Sociedad 5.0**<sup>24</sup> se ha aliado con EE. UU. para restringir exportaciones críticas a China, pero también para recuperar su producción local. En este sentido, el Gobierno de Japón ha invertido en una nueva empresa **Rapidus** (formada por un consorcio de Toyota, Sony y otras tecnológicas japonesas) con aportes iniciales de unos 4000 millones de dólares para desarrollar nodos de 2 nm hacia 2027 en cooperación con IBM, que licencia su tecnología. Asimismo, Japón ha atraído a TSMC para construir una fábrica JSMC de 22/28 nm en Kumamoto, que está operativa desde 2024, con subsidios gubernamentales de 3500 millones de dólares, para la industria de automoción nipona.

Japón aplica incentivos fiscales a la producción de semiconductores, por ejemplo, otorgando créditos en función de la cantidad de obleas producidas y vendidas (para ciertos tamaños de *wafer*), lo que reduce la carga impositiva por unidad fabricada.

## COREA DEL SUR. FORMANDO UN MEGACLÚSTER

**Corea del Sur** anunció<sup>25</sup> su plan con inversiones de 450 000 millones de dólares, principalmente de capital privado, en la próxima década para consolidar un megaclúster de semiconductores que conecte las fábricas de Samsung y SK Hynix, con apoyo estatal en infraestructuras y beneficios fiscales. Corea, al igual que Taiwán, equilibra su dependencia económica de China con su alianza de seguridad con EE. UU. y ha participado en foros como el Chips 4 buscando diversificar su mercado.

Corea del Sur ofrece créditos fiscales equivalentes a alrededor del 40 % del gasto en I+D en tecnologías estratégicas (como semiconductores avanzados) y del 6 % para inversiones en activos productivos relacionados.

## TAIWÁN. MANTENER SU VENTAJA TECNOLÓGICA

**Taiwán** no necesita una política industrial para ser líder, con TSMC y MediaTek a la cabeza de los mercados mundiales. Su estrategia se centra en mantener su ventaja competitiva **invirtiendo fuertemente en I+D** (TSMC destina >3000 millones de dólares a investigación) y empieza a internacionalizar parte de su producción para mitigar riesgos (en EE. UU., Europa y Japón). Taiwán trabaja en el **frente diplomático**, resaltando que su aporte al mundo de los semiconductores es insustituible, con la esperanza de que eso desincentive conflictos en la región y la presión y amenaza constante de China. Es lo que se ha venido a llamar el **Escudo de Silicio**<sup>26</sup>.

## INDIA. EMERGIENDO

**India** persiste en su esfuerzo reconfigurando incentivos tras la salida de Foxconn de un proyecto recientemente anunciado. Dialoga con AMD, INTEL y TSMC para intentar concretar al menos una fábrica de nodos maduros (28-65 nm) enfocada a la electrónica de automoción y dispositivos IoT. India cuenta a su favor con una vasta base de ingenieros y diseño *fables* de Qualcomm, Intel, etc., pero debe desarrollar suministro de agua ultrapura, electricidad estable y cadena local de productos químicos y gases especializados.

## OTROS ACTORES

Otros países, como **Israel** (sede de INTEL Fabs y con muchas iniciativas de diseño), **Singapur** (con GlobalFoundries operando allí), **Malasia/Vietnam/Filipinas** (fuertes en ensamblaje y testeo) y **Brasil** (con intentos incipientes para desarrollar chips para la industria de defensa), juegan papeles más acotados pero complementarios dentro del ecosistema global.

## LOS DESAFÍOS. FACTORES DE RIESGO

La complejidad de la cadena de valor y las incertidumbres geopolíticas hacen que, a pesar de las ingentes inversiones y planes industriales de múltiples países, la industria de semiconductores se enfrente a importantes riesgos y desafíos estructurales que se deben gestionar.

## LAS MATERIAS PRIMAS

Así, por ejemplo, la dependencia de las materias primas necesarias para esta industria, muy concentradas geográficamente y escasas en algunos casos, supone una vulnerabilidad estratégica. Por ejemplo, el procesado de las obleas de silicio depende de gases como el neón, que también forma parte de los láseres especializados de litografía y del cual Ucrania y Rusia llegaron a suministrar el 50 % del suministro mundial antes de la guerra. Asimismo, ya hemos mencionado elementos como el galio y el germanio monopolizados por China, que produce entre el 80 y el 90 %. Otro caso es el del silicio ultrapuro, cuyo refinado está controlado por China en un 60-70 %. Otros insumos de alto valor estratégico clasificados por la EU (Figura 7), bien como materias primas fundamentales o críticas (definidas como aquellas con importancia económica y riesgo de ruptura del suministro) o bien como materias primas estratégicas (a lo anterior se une que son esenciales para desarrollar las tecnologías clave de la transición digital y verde), son, entre otros, las tierras raras, el wolframio o el vanadio (todos ellos total o parcialmente monopolizados por China), el paladio (Rusia), el platino (Sudáfrica), el boro (Turquía), el antimonio (China, Tayikistán, Rusia), el litio (Australia, Chile y China), el cobre (Chile, Perú y China), el níquel (Indonesia, Filipinas y Rusia), el manganeso (China) o el cobalto (Congo) (Figura 8). Se han indicado entre paréntesis los principales países de extracción,

pero en la producción hay que tener en cuenta también las etapas de refinado, en las que de nuevo muchos de estos elementos y minerales pasan por las capacidades de refinado de China.

El desarrollo de la industria semiconductora depende de un conjunto altamente especializado de materias primas, muchas de las cuales enfrentan riesgos significativos de suministro. Entre estas destaca el silicio, cuya purificación hasta el grado ultraalto requerido, aun siendo un material muy abundante, conlleva procesos complejos y costosos con capacidades reducidas en Europa actualmente. El galio y el arsénico, utilizados en semiconductores compuestos como el GaAs, son también muy relevantes por sus aplicaciones especializadas en dispositivos de alta frecuencia, comunicaciones 5G y tecnología espacial.

El germanio es otro de estos elementos claves en sensores ópticos, células solares de alto rendimiento y componentes infrarrojos. También todos aquellos elementos utilizados como dopantes en obleas de silicio para aumentar y controlar su conductividad como el fósforo, el boro o el antimonio son fundamentales en la cadena de valor. Por otro lado, hay otra serie de materiales electrónicos presentes en los interconectores metálicos de chips como cobalto, cobre, níquel, tantalio y wolframio, además de la plata, así como presentes en condensadores y otros componentes resistentes al calor y la radiación. Finalmente, los metales del grupo del platino (platino, rodio e iridio) se usan en catalizadores, contactos eléctricos y procesos de depósito. La disponibilidad limitada y la complejidad de procesos de extracción y refinado hacen que presenten un **cuello de**

**FIGURA 7.** Resumen de los aspectos relevantes de las materias primas

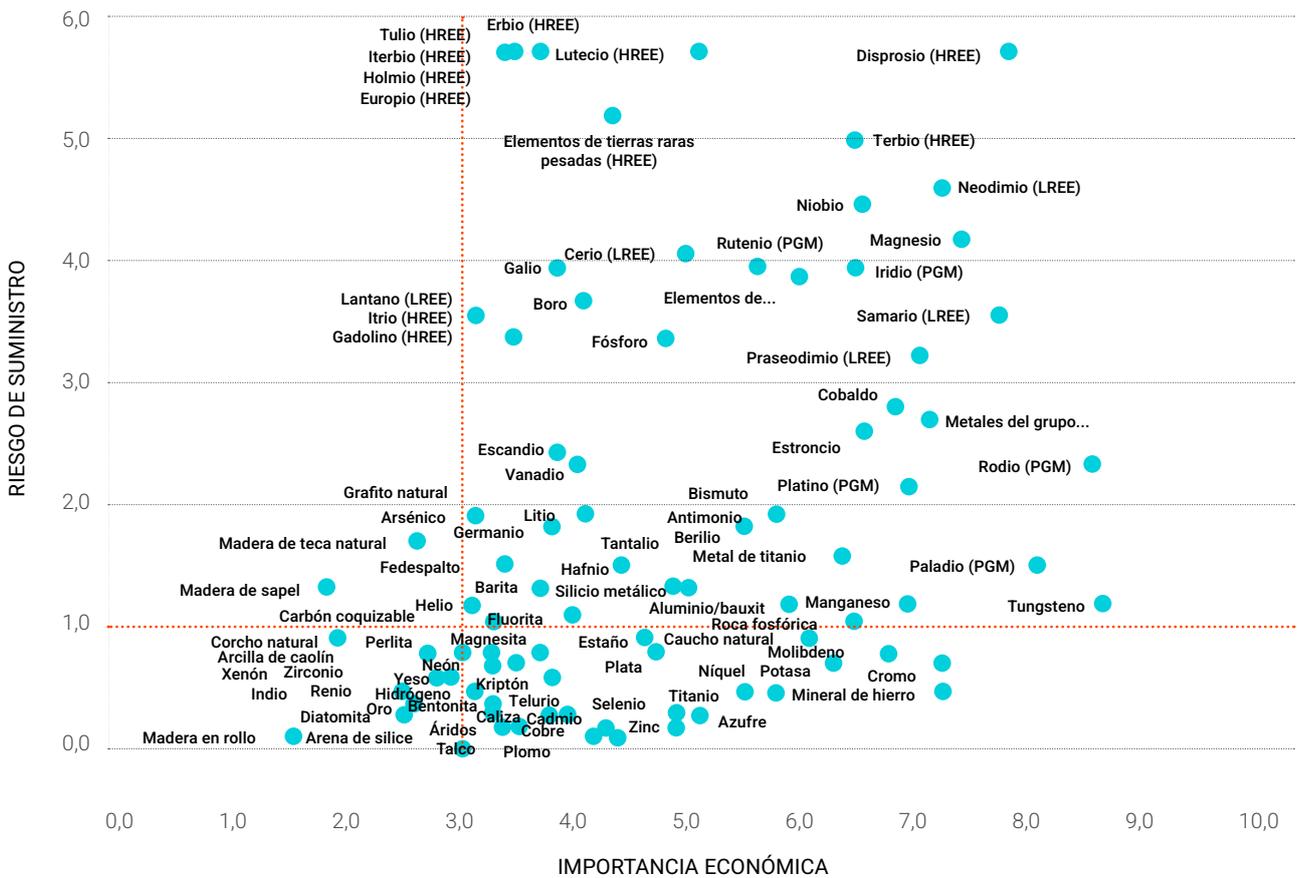
Aspecto	Materias primas críticas	Materias primas estratégicas
Definición	Alta importancia económica + alto riesgo de suministro	Esenciales para tecnologías clave (verde, digital, defensa)
Número de materiales	34	16
Ejemplos destacados	Antimonio, magnesio, cobalto, litio, tierras raras, tungsteno, galio, germanio, boro, grafito natural	Litio, tierras raras, cobalto, níquel, titanio, grafito natural, silicio metálico
Riesgo de suministro	Muy alto (concentración en pocos países, ej. China)	Variable, aunque muchas también son críticas
Dependencia de importaciones	Alta. En muchos casos > 90 %	Alta, pero se busca mayor autonomía
Presencia en la UE	Muy limitada en extracción y refinado	Se promueve producción local mediante proyectos estratégicos
Objetivo principal de la UE	Garantizar el acceso y diversificar fuentes de suministro	
Estrategias propuestas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diversificación</li> <li>Reciclaje</li> <li>Alianzas internacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Producción interna</li> <li>Inversiones prioritarias</li> <li>Proyectos de interés europeo</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

botella potencial para la industria europea, en un aumento de competencia global por estos recursos con origen en la transición hacia tecnologías más avanzadas (como los nodos por

debajo de 5 nm, que harán necesarios nuevos materiales) y la creciente demanda de sectores estratégicos como la movilidad eléctrica, la inteligencia artificial o la defensa, entre otros.

FIGURA 8. Resultados de la evaluación de criticidad



Fuente: Elaboración de Enrique Feas

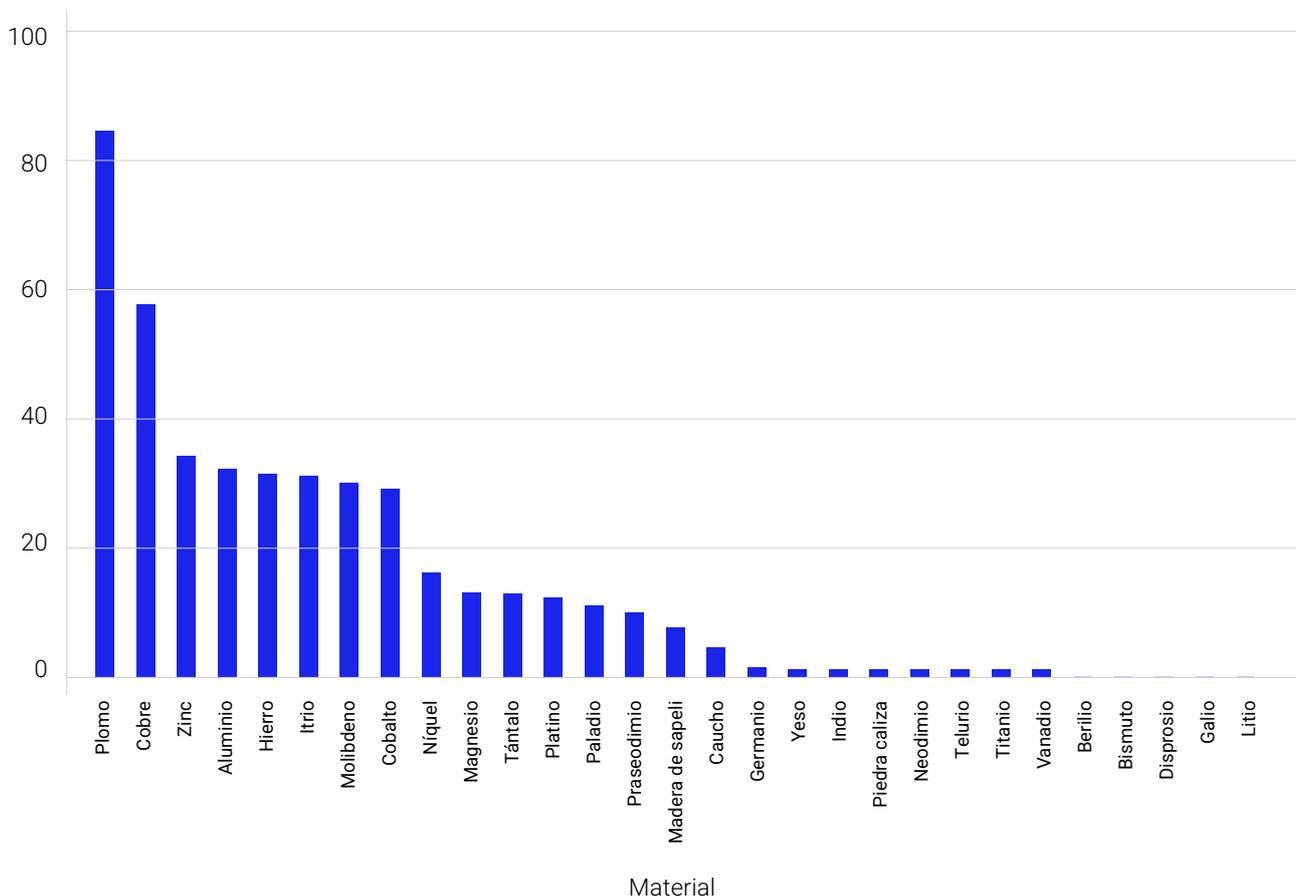
En este sentido, cualquier tensión geopolítica puede desembocar en cortes de suministro, como ya ocurrió con el embargo chino de tierras raras en el 2010, o las recientes restricciones impuestas por Pekín a las exportaciones de galio y germanio en 2023. Para mitigar estos riesgos, la Unión Europea ha lanzado iniciativas como la **Ley de Materias Primas Críticas** <sup>27</sup> (2023), que busca fijar prioridades, y para

ello se evalúan las necesidades de materias primas para la industria europea con ciertos parámetros de referencia (para 2030 están establecidos como: Extracción > 10 % del consumo anual de MPE UE; Transformación > 40 % del consumo anual de MPE UE; y Reciclado > 25 % del consumo anual de MPE UE). Se tiene como objetivo el desarrollar la cadena de valor de las materias primas europeas impulsando

proyectos de minería calificados de estratégicos y la exploración a nivel nacional. También se pretende aumentar la resiliencia mediante la diversificación de proveedores (criterio: ningún país tercero > 65 % del consumo anual UE de cada MPE en ningún segmento), mejorar las capacidades de evaluación y mitigación de riesgos identificando las grandes empresas que usan materias primas estratégicas en la UE, y la coordinación de las reservas estratégicas para la compra conjunta. Otros puntos importantes del plan son el incremento de la inversión en I+D, el fomento del reciclaje y la puesta en marcha de una certificación de sostenibilidad. Pero desarrollar nuevas capacidades de minería y refino lleva años y enfrenta retos

medioambientales y de aceptación social, con lo que estos riesgos son difíciles de mitigar en el corto plazo, añadiendo un factor de riesgo geopolítico latente. El reciclaje tampoco es un proceso evidente y las capacidades europeas son limitadas. La UE tiene gran potencial de reciclaje en el cobre, el zinc o el aluminio (Figura 9), pero poca o nula capacidad para otros materiales. Además, hay una serie de problemas adicionales para llevarlo a cabo, como son la falta de adaptación de productos finales para el reciclaje posterior, el etiquetado deficiente sobre composición del producto y los elevados costes (especialmente en comparación con jurisdicciones más laxas).

**FIGURA 9.** Porcentaje de cobertura de la demanda de la UE con materiales reciclados



Fuente: Elaboración propia a partir de Eurostat

La renuncia de Europa a producir minerales en etapas anteriores se ha demostrado que es un gran error estratégico. La gobernanza del Plan se concreta en la creación del Comité Europeo de Materias Primas Fundamentales y la búsqueda de acuerdos internacionales y asociaciones estratégicas. Algunos de los acuerdos firmados son los siguientes: Canadá (15 de junio de 2021), Ucrania (13 de julio de 2021), Kazajistán (7 de noviembre de 2022), Namibia (8 de noviembre de 2022), Argentina (13 de junio de 2023), Chile

(18 de julio de 2023), República Democrática del Congo y Zambia (26 de octubre de 2023), Groenlandia (30 de noviembre de 2023), Ruanda (19 de febrero de 2024), Noruega (21 de marzo de 2024) y Australia (27 mayo de 2024).

El Informe Draghi<sup>1</sup>, en este sentido, ha sido muy claro exponiendo la necesidad de actuación urgente en el corto y medio plazo, con las recomendaciones recogidas en el cuadro (Figura 10).

**FIGURA 10.** Recomendaciones del Informe Draghi sobre MPF

PROPUESTA	PLAZO
Mejorar la producción, el procesamiento y el reciclado nacionales en la UE a lo largo de la cadena de valor de la gestión de los residuos.	CP
Apoyar la diversificación de las cadenas de suministro: alianzas estratégicas internacionales y proyectos estratégicos.	CP
Simplificar los procedimientos de concesión de permisos: acortar los plazos y elaborar programas nacionales.	CP
Avanzar en los proyectos estratégicos.	CP
Desarrollar una estrategia global a nivel de la UE basada en la CRMA desde la minería hasta el reciclado.	CP
Establecer una plataforma específica de la UE para materias primas críticas con el fin de cumplir la estrategia de la UE y aprovechar el poder de mercado.	MP
Desarrollar soluciones financieras que apoyen la cadena de valor de las materias primas críticas.	CP/MP
Desarrollar aún más la diplomacia de los recursos de materias primas críticas para asegurar el suministro y la diversificación.	CP
Seguir desarrollando estrategias conjuntas con otros compradores globales del G7/OCDE (por ejemplo, Japón)	CP/MP
Seguir promoviendo el potencial sin explotar de los recursos nacionales de la UE, vinculado a la mejora de las normas y a la integración con la industria en los diferentes niveles de la cadena de valor.	MP
Impulsar la excelencia europea en investigación e innovación en materiales o procesos alternativos para sustituir materias primas críticas en diversas aplicaciones.	MP
Circularidad: crear un verdadero mercado único de residuos y reciclado en Europa.	CP
Acelerar la creación de un mercado sostenible de CRM en la UE.	CP/MP
Desarrollar reservas estratégicas de minerales críticos en la UE.	CP
Mejorar la transparencia de los mercados financieros para los contratos mayoristas de minerales críticos en la UE.	CP

Fuente: Informe Draghi, 2024

Los esfuerzos europeos para alcanzar niveles de seguridad económica aceptables en el sector de los materiales fundamentales y estratégicos para el desarrollo de la industria europea de semiconductores necesitan de ambición conjunta y recursos comunes de la mano de mayor integración política (política industrial, mercado único y mercado de capitales). Europa

se encuentra atrasada en prácticamente todos los subsectores de la cadena de valor, especialmente en aquellos más intensivos en el uso de materiales especializados. La mayor parte de las empresas manufactureras que lideran el mercado son de Estados Unidos, China y Taiwán (Figura 11).

**FIGURA 11.** Manufactureras líderes (tamaño de mercado, 2021)

<b>Producers (excluding foundries)</b>	<b>Market Share (%) - Producers</b>	<b>Foundries</b>	<b>Market Share (%) - Foundries</b>
Samsung (South Korea)	12,3	TSMC (Taiwan)	56,6
Intel (US)	12,2	Samsung Foundry (South Korea)	8,5
SK Hynix (South Korea)	6,1	UMC (Taiwan)	6,1
Micron Technology (US)	4,8	GlobalFoundries (US)	6,6
Qualcomm (US)	4,6	SMIC (China)	5,4
Nvidia (US)	3,6	PSMC (China)	3,2
Broadcom Limited (US)	3,0	HH Grace (China)	1,6
MediaTek (Taiwan)	2,9	Vanguard (Taiwan)	1,5
Texas Instruments (US)	2,7	Tower Semiconductor (US)	1,3
AMD (US)	2,7	HLMC (China)	1,3
Others	45,4	Others	7,0

Fuente: Gartner, 2023 (citado en Feás [2023])

España es un país con gran potencial minero y podría representar un papel crucial para acercar a los europeos a condiciones de seguridad económica. Esto requiere una serie de medidas valientes y hay que hacer constar que el Gobierno español acaba de anunciar la puesta en marcha de un Plan Minero<sup>29</sup> y una nueva Ley de Minas. Volveremos a dedicar, más adelante en este informe, una visión holística de las oportunidades que las materias primas y la sostenibilidad ofrecen para España. El reciclaje, el uso de materiales alternativos y más sostenibles desde el diseño, así como el aumento de la eficiencia energética en la producción y de los propios dispositivos en operación tienen que ser parte de la ecuación. Se abren en este punto múltiples oportunidades para España, ya que se parte de un terreno, en muchos aspectos, poco explorado a nivel global.

### GUERRA COMERCIAL Y TECNOLÓGICA

Otro de los desafíos, recientemente potenciados por el proteccionismo de la nueva administración estadounidense, son las restricciones comerciales y las sanciones tecnológicas. La creciente rivalidad entre EE. UU. y China ha dado lugar a un entorno de controles cruzados que fragmenta el mercado global de los semiconductores. Las sanciones de EE. UU. impiden el acceso de China a tecnologías punteras, mientras que China responde con obstáculos a los insumos críticos. Esta guerra tecnológica y comercial genera gran incertidumbre en las cadenas de suministro. Los fabricantes se ven obligados a segregar líneas de producción para productos vetados y las multinacionales de electrónica corren el riesgo de perder proveedores y mercados clave. Un ejemplo en este sentido son las multimillonarias pérdidas estimadas por NVIDIA por el cierre de su mercado en China. Otro aspecto es el **control de las inversiones extranjeras**, con limitaciones a empresas estadounidenses en

su inversión en empresas chinas para evitar las transferencias indirectas de *know-how*, o el debate al respecto ya abierto en Europa. En definitiva, estas actuaciones conllevan una desglobalización parcial del sector, con bloques más desconectados tecnológicamente, lo que redundará en ineficiencias como la duplicación de inversiones y la pérdida de economías de escala, con los impactos económicos negativos que se derivan. El desafío para la comunidad internacional es encontrar un equilibrio entre seguridad nacional y los beneficios de una cadena de valor integrada globalmente.

### EFFECTO INCENTIVADOR Y SOBRECAPACIDAD

Por otro lado, venimos asistiendo a una oleada de anuncios de inversiones e incentivos, con puesta en marcha de múltiples proyectos fabriles nuevos. Se calcula que a nivel mundial hay planes para invertir cerca de un billón de dólares en nuevas fábricas hasta 2030. Si bien esto puede satisfacer la demanda creciente de los semiconductores, existe el riesgo de la sobrecapacidad por sobredimensionamiento de la producción. La industria de semiconductores es notablemente cíclica y se espera que un periodo de escasez venga seguido por excedentes cuando todas las plantas entren en producción. En el periodo 2023-2024 ya se vio un bajón en el mercado de memorias después del *boom* de 2021, ocasionando caídas de precios y los ajustes de la producción. Coordinar la expansión de forma sostenible será clave para evitar una burbuja de oferta que haga inviables algunos proyectos una vez que pasen los subsidios. Los costes de producción de cada nueva generación de chips (5 nm, 3 nm, 2 nm) requieren inversiones cada vez mayores en I+D y equipos, lo que empuja los límites de rentabilidad. A esto también hay que añadir que mantener el ritmo de innovación no es barato; de hecho, en 2024 se superó por primera vez el gasto anual global de la industria en I+D

por encima del 50 % de su EBIT, lo que sacará del mercado a actores de menor tamaño rezagados tecnológicamente. Por ello, el efecto incentivador de los fondos y subsidios públicos necesita de una coordinación público-privada y entre regiones a través de foros internacionales de semiconductores que podría ayudar a mitigar estos desajustes.

## EL TALENTO

**El cuello de botella del talento** es uno de los mayores desafíos de la carrera tecnológica en semiconductores. Aunque las plantas más modernas están muy automatizadas, las megafábricas necesitan miles de profesionales altamente especializados en electrónica, química, *software*, diseños, etc., y otro personal técnico y de mantenimiento. Países como EE. UU. y Alemania reportan problemas de personal para dotar todas las fábricas anunciadas, obligando a poner en marcha la formación acelerada y la importación de talento. En España, por ejemplo, se calcula que se necesitará formar entre 600-700 profesionales al año en microelectrónica para sustentar su incipiente ecosistema<sup>4</sup>. A nivel global, el envejecimiento de los profesionales actuales y la menor atracción para la incorporación de estudiantes a las carreras STEM dificultan el panorama. Volveremos a retomar en este informe, en el caso concreto de España, las necesidades de talento y la oportunidad que aporta para el desarrollo de esta industria en nuestro país.

## CUELLOS DE BOTELLA DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO

Hay otros cuellos de botella tecnológicos en etapas muy específicas de la cadena de valor como pueden ser la producción de equipos de litografía avanzada (ASML) o la fabricación

de obleas de 300 nm (dominada por pocos proveedores como Shin-Etsu y SUMCO). Cualquier incapacidad de estas empresas para cubrir pedidos puede frenar todos los planes aguas debajo de la cadena de valor. Por ejemplo, las empresas de equipamientos como ASML, Applied Materials o Lam Research tienen plazos de entrega de hasta 24 meses para maquinaria EUV y otros equipos críticos de procesamiento. De igual modo, los **servicios de diseño EDA** (Synopsys, Cadence...) o **IP esenciales** como los núcleos de ARM representan puntos de posible estrangulamiento si surgen disputas de propiedad intelectual o restricciones.

## TENSIONES GEOPOLÍTICAS Y RIESGO DE CONFLICTO

**Las tensiones geopolíticas y el riesgo de conflicto**, latente o activo en varias geografías, son factores incontrolables. Especialmente crítica es la estabilidad geopolítica en Asia oriental, en concreto alrededor del estrecho de Taiwán o de la península de Corea. Un conflicto hipotético en Taiwán detendría gran parte de la producción de semiconductores por un periodo prolongado y pondría en peligro al principal proveedor de chips avanzados del mundo (TSMC). Este escenario ha llevado a que las potencias occidentales consideren planes de contingencia y refuercen alianzas militares en la región para disuadir cualquier acción unilateral por parte de China.

## DESASTRES NATURALES Y PANDEMIAS

Finalmente, **los desastres naturales**, como los terremotos y tsunamis en Asia, las sequías que afecten el suministro de agua a las fábricas o futuras pandemias podrían volver a poner en jaque a la cadena de suministro. La mitigación en este caso se basa en planes para contar con inventarios estratégicos, diversificar la

geografía de producción y tener protocolos de colaboración internacional durante emergencias como los mecanismos que la UE y EE. UU. están intentando poner en marcha con el resto de sus socios.

Aunque las inversiones y las políticas públicas actuales marcan el inicio de una era de expansión de la industria de semiconductores, el camino no está exento de obstáculos. La escala y eficiencia global que se consideraban como ventajas de la cadena global de suministros tienen, hoy en día, otra lectura respecto a las interdependencias en momentos delicados de exposición geopolítica. Es necesario que los distintos países aporten no solo inversión y tecnologías, sino diplomacia, coordinación y visión a largo plazo que permita navegar los desafíos actuales.

## DEPENDENCIAS ESTRATÉGICAS FRENTE A DEPENDENCIAS TÁCTICAS

Una de las reflexiones del Grupo de Trabajo se ha centrado en distinguir las dependencias estratégicas de las dependencias tácticas a la hora de tomar medidas para fortalecer el sector de los semiconductores en España y, por ende, en Europa.

Las dependencias tácticas hacen referencia a la necesidad de asegurar el suministro inmediato de chips para mantener operativas las industrias clave en el corto plazo. Es de carácter logístico y operativo, afectando la producción del día a día. Un ejemplo claro es la industria de la automoción en Europa. Los vehículos modernos requieren cientos de microcontroladores y sensores; cuando faltan chips, las líneas de montaje se detienen, como ya se ha comentado en este informe. En resumen, la dependencia táctica se relaciona con la resiliencia de la cadena de suministro:

Europa depende hoy de proveedores extranjeros para poder mantener activas sus fábricas de coches, electrodomésticos o equipos médicos. Garantizar el flujo de semiconductores a estas industrias tractoras es, por tanto, un asunto táctico: implica medidas de corto plazo (buscar proveedores alternativos, aumentar inventarios estratégicos, entre otras) para evitar parones que golpeen la economía y el empleo.

En cambio, una dependencia estratégica se refiere a la vulnerabilidad de largo plazo en sectores críticos para la soberanía nacional, la seguridad y el liderazgo tecnológico. No solo importa el suministro inmediato, sino quién controla la tecnología y el *know-how* de los semiconductores más avanzados. Aquí entran ámbitos como la defensa, la ciberseguridad y la inteligencia artificial (IA), que son pilares de la autonomía estratégica de un país o región. Por ejemplo, Europa y Estados Unidos llevan años preocupados por su elevada dependencia de unos pocos fabricantes asiáticos en componentes esenciales para sistemas de defensa y telecomunicaciones. Si los chips avanzados que van en radares militares, satélites, sistemas de cifrado o redes 5G provienen mayoritariamente de terceros países (Taiwán, Corea del Sur, incluso China), existe un riesgo estratégico: una interrupción deliberada del suministro o vulnerabilidades ocultas en el *hardware* podrían comprometer la seguridad nacional. En aplicaciones de ciberseguridad, depender de *hardware* foráneo implica confiar en que esos componentes estén libres de puertas traseras o fallos intencionados, lo que no siempre puede garantizarse. Asimismo, la IA de vanguardia requiere chips especializados (GPU, FPGA, ASIC) de altísimo rendimiento, un terreno dominado hoy por empresas de EE. UU. y Asia. Esto plantea un desafío de soberanía tecnológica y así ha sido señalado por la propia Comisión Europea: «**La inteligencia artificial es un factor clave para la competitividad, la seguridad y la soberanía tecnológica de Europa**»<sup>30</sup>.

Si Europa depende totalmente de chips extranjeros para desarrollar la IA, su modelo social y valores (por ejemplo, privacidad, uso ético de la IA, protección de datos) podrían verse subordinados a tecnologías foráneas. En otras palabras, la dependencia estratégica en semiconductores podría limitar la capacidad de Europa para decidir su propio futuro digital y por ello la soberanía tecnológica de Europa depende de su capacidad para tener una industria de semiconductores fuerte. Este tipo de dependencia engloba consideraciones de largo plazo: mantener la superioridad tecnológica, proteger infraestructuras críticas y asegurar que sectores como defensa, espacio, computación cuántica o IA no queden a merced de potencias extranjeras.

En este sentido, los sistemas militares europeos (aviones de combate, drones, misiles) incorporan semiconductores avanzados, dependiendo en buena parte de la tecnología estadounidense para estos fines, pero también de componentes asiáticos. Si en un escenario de crisis geopolítica el acceso a semiconductores avanzados se corta, la capacidad defensiva propia se vería seriamente comprometida. España, por ejemplo, en proyectos como el avión de combate europeo FCAS o sus satélites de observación, necesita chips fiables y seguros; no tener soberanía en su diseño/fabricación es un riesgo estratégico. La industria aeroespacial (satélites, navegación, observación terrestre) igualmente requiere componentes tolerantes a radiación y de altas prestaciones, cuyo suministro depende de un reducido grupo de empresas globales.

Por otra parte, las redes móviles y de internet (routers, antenas 5G, centros de datos) utilizan semiconductores específicos. Europa ha puesto sobre la mesa en años recientes la seguridad de proveedores de 5G (p. ej., veto a equipos de Huawei) por temor a espionaje al igual que EE. UU.; parte de ese debate es quién fabrica los

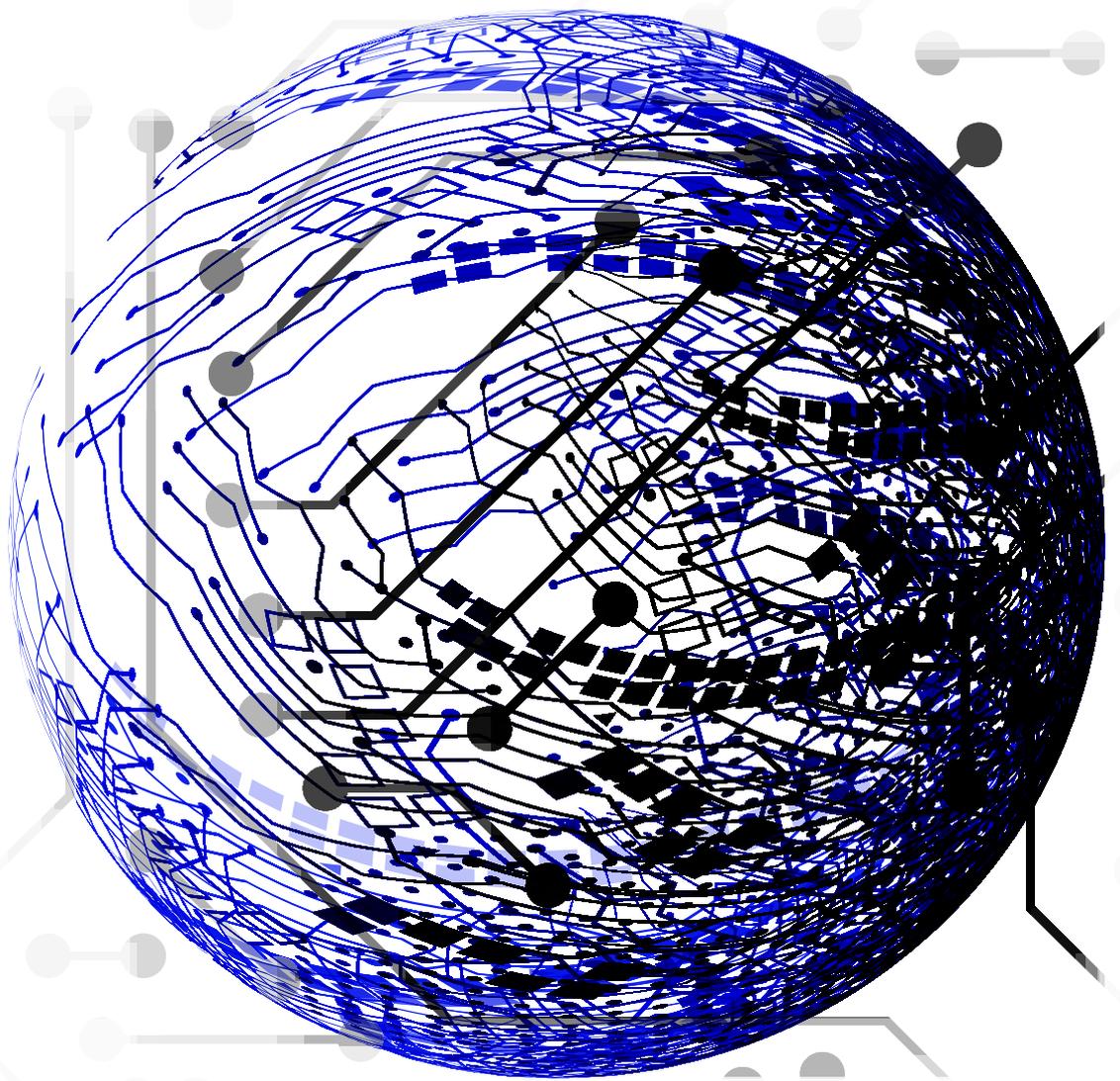
chips dentro de esos equipos. La dependencia europea de chips extranjeros en infraestructuras de telecomunicaciones hace que su ciberseguridad pueda verse comprometida si no controla íntegramente la cadena. Por eso, la Comisión Europea ha destacado la preocupación por depender de pocos proveedores asiáticos en aplicaciones de redes de comunicaciones críticas <sup>31</sup>.

De modo análogo, la potencia de cómputo es el «motor» de la IA moderna y Europa consume chips de alto rendimiento (por ejemplo, las GPU de Nvidia), pero no los produce a gran escala. Esto significa que, para entrenar algoritmos de IA, para superordenadores o centros de datos en la nube, Europa importa la mayoría de los procesadores. Si estos dejaran de estar disponibles (por restricciones de exportación o escasez), la soberanía digital europea se vería amenazada: proyectos de IA, *big data* o incluso servicios públicos digitales podrían verse afectados. Además, quien fabrica los chips también influye en estándares y diseños: si Europa queda rezagada, adoptará las reglas que impongan otros (EE. UU. o China) en materias como la privacidad o la ética de la IA. España, que aspira a desarrollar *hubs* de IA, sin autonomía en semiconductores avanzados, dependerá del exterior para alimentar esos sistemas.

Dado el valor estratégico de la IA, se sigue reflexionando desde distintos foros sobre cómo construir una cadena de valor de semiconductores resiliente y competitiva. Así, por ejemplo, en la reciente Cumbre **T30 Europe**, organizada por McKinsey & Company en Ámsterdam los días 14 y 15 de mayo de 2025, líderes de la industria europea debatieron el papel de Europa en el avance de las tecnologías de inteligencia artificial de la mano de los semiconductores, ante el foco reciente de la UE en hacer de Europa un líder en el desarrollo de la IA.

Por tanto, Europa y España se enfrentan a dependencias tácticas que afectan la producción industrial inmediata, y a dependencias estratégicas que condicionan su seguridad y liderazgo futuro. Ambos tipos de dependencia se solapan en cierto grado (por ejemplo, el sector de las telecomunicaciones tiene facetas tácticas (mantener redes operativas) y estratégicas (seguridad de largo plazo). La identificación de estos ámbitos vulnerables ha llevado a una reflexión profunda sobre cómo ganar autonomía tecnológica en el sector de los microchips. La autonomía tecnológica de la UE se ha convertido en un objetivo político explícito y, por ello, la Comisión Europea habla de lograr una «autonomía estratégica abierta», lo que en el ámbito de semiconductores se traduce en recuperar peso propio en la cadena de valor. Esto no implica producir todo internamente, pero sí diversificar fuentes y tener capacidades críticas en suelo europeo. Actualmente, la UE importa tres veces más semiconductores de

lo que exporta, una balanza deficitaria que la deja expuesta. Una dependencia estratégica prolongada podría erosionar la competitividad a largo plazo: las innovaciones futuras (coches autónomos, Industria 4.0, defensa europea, etc.) podrían retrasarse o encarecerse si Europa debe competir por un suministro limitado de chips avanzados en el mercado global. En España, la falta de autonomía en microelectrónica también amenaza su modelo productivo. Sectores estratégicos nacionales, como la automoción, la aeronáutica, las telecomunicaciones y la defensa, son tractores de demanda de semiconductores. Si no se garantiza el acceso a estos componentes, **España afronta riesgo de desindustrialización** o de quedar relegada en los nuevos nichos tecnológicos. Además, la dependencia externa extrema puede traducirse en menor valor añadido interno: importar todos los chips significa perder la oportunidad de crear empleos cualificados y cadenas de suministro locales en torno a su fabricación y diseño.



# SEGU RIDAD Y DEFENSA

# 02.



## ASPECTOS ESTRATÉGICOS

Si bien las cuestiones que afectan a la seguridad y la defensa siempre han sido tratadas como estratégicas por parte de los Estados, hoy en día, en un clima de guerra híbrida generalizado, a veces desapercibido para los ciudadanos y otras convertido en conflictos directos en varias partes del mundo, **el paradigma de la defensa está cambiando** y se está en vías de fortalecer las inversiones y entrar en una era expansiva y de rearme en Europa, EE. UU. y China, además de por parte de los actores directos de los conflictos bélicos actuales.

Sin lugar a duda, podemos considerar los semiconductores como un recurso clave estratégico a nivel global. Su carácter de tecnología de doble uso, con aplicaciones militares y civiles, hace que condicionen tanto el desarrollo económico como la seguridad nacional y que el World Economic Forum abogue por la conciliación de la regulación de los semiconductores con la seguridad global<sup>32</sup>. El punto dual de la tecnología tiene un gran interés, puesto que permite que ciertos chips para usos en defensa se puedan utilizar de forma costo-efectiva debido al volumen de su uso civil. La mayoría de las tecnologías emergentes de defensa (desde comunicaciones hasta armas inteligentes) dependen del uso de chips avanzados, lo que aumenta su relevancia geopolítica al punto de ser considerada esta industria como una pieza clave en la competencia tecnológica entre potencias.

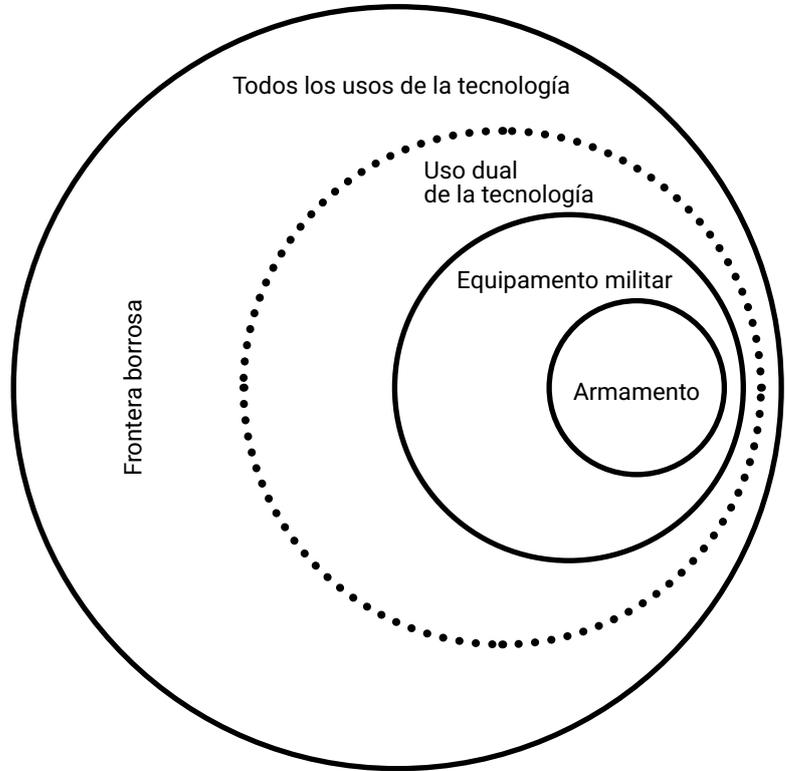
Las fronteras de las tecnologías duales no siempre están claras (Figura 12), vivimos en un mundo en el que casi cualquier objeto tecnológico nuevo que desarrollamos puede considerarse un arma (**weaponized world**<sup>33</sup>). Un ejemplo directo es el uso de la tecnología en los móviles de los ciudadanos en la guerra de Ucrania, que ha servido para detectar aviones o misiles enemigos, o el uso de drones rediseñados para uso militar. Asimismo, los satélites en los que se basa la inteligencia aliada en la guerra de Ucrania son también, en buena parte, de uso civil.

El campo de batalla actual difiere mucho de cómo se constituía este hace solo unas pocas décadas, y hay una tendencia creciente a que la tecnología lo modifique, ya que las herramientas militares son cada vez más sofisticadas y basadas en tecnologías avanzadas (Figura 13). En este sentido, el desarrollo de tecnología militar ha sido tractor de nuevos usos civiles en no pocos casos, y, al contrario, el uso militar puede realimentarse con tecnologías inicialmente diseñadas para uso civil. Las tecnologías inteligentes, apoyadas por la IA, la digitalización y en breve las tecnologías cognitivas de apoyo y aumento de las capacidades del soldado, jugarán un papel importante.

Por ello, el mercado de los semiconductores de uso militar está en auge, dentro también de la etapa expansiva del mercado de los semiconductores general, y sus cifras se encuentran contenidas dentro de los gastos realizados por las Administraciones públicas.

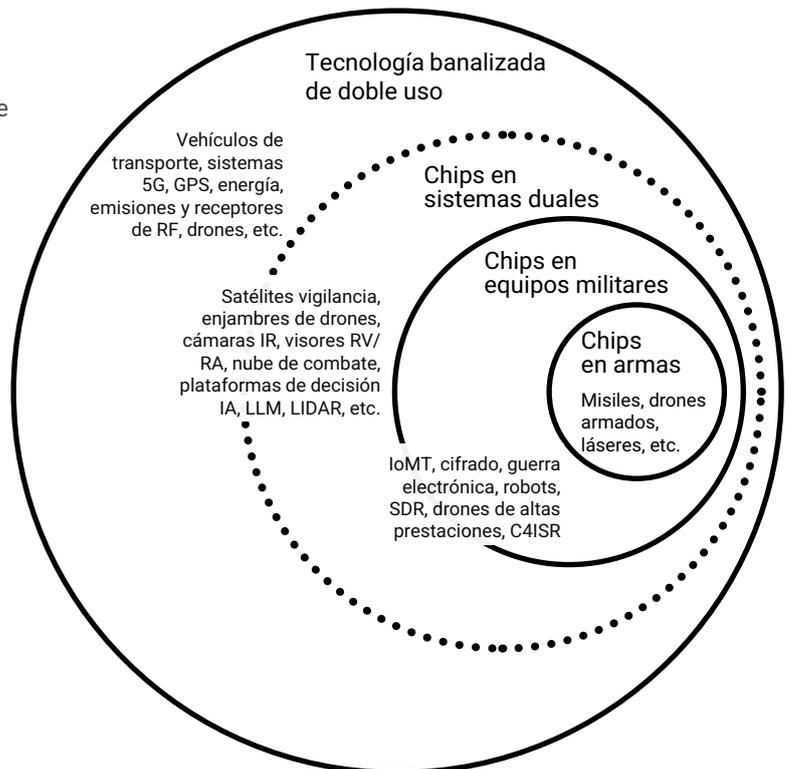
**FIGURA 12.** Desarrollo impulsado por mercados civiles con énfasis en tecnologías digitales

**Desarrollo impulsado por mercados civiles con énfasis en tecnologías digitales**

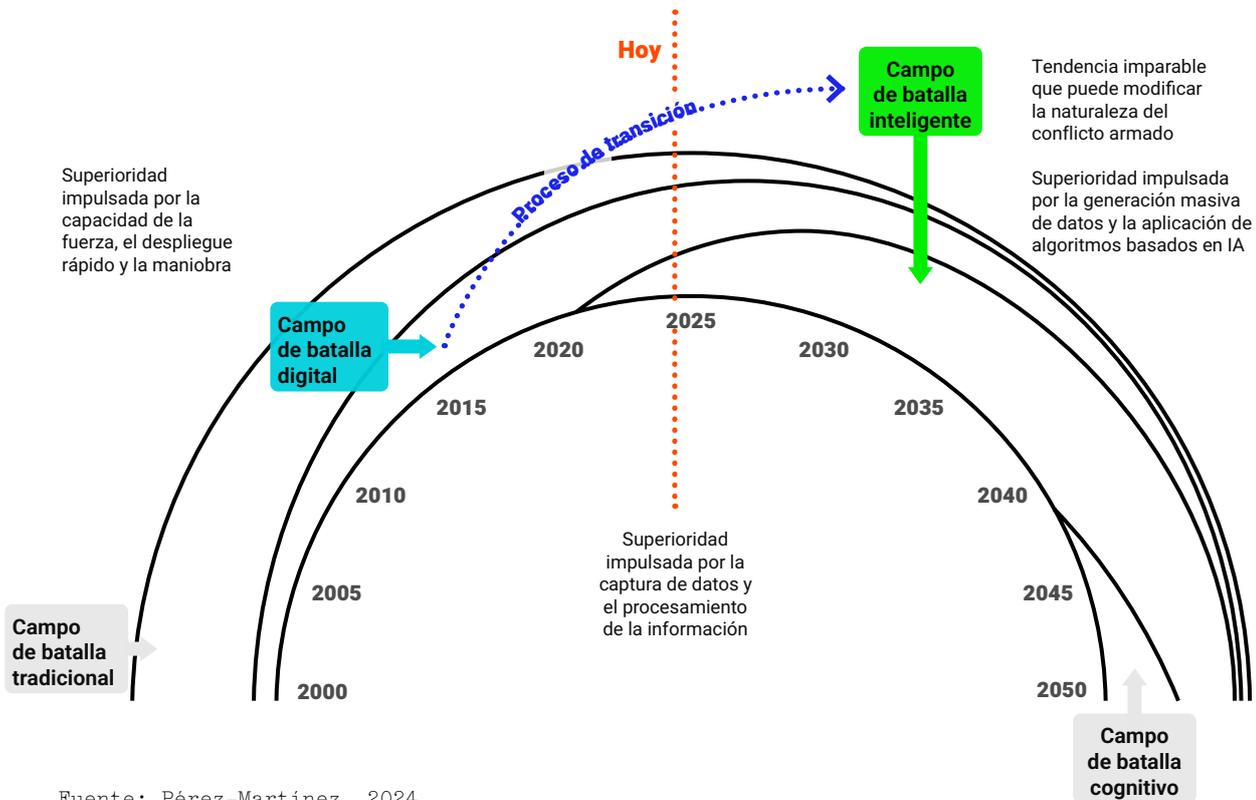


**Dificultades para establecer condiciones de uso dual reguladas**

(p. e. regulación de IA de la UE solo es aplicable para usos civiles)



Fuente: Gonzalo León, 2024 (presentación en la segunda sesión del Grupo de Trabajo)

**FIGURA 13.** Evolución de los campos de batalla por la aplicación de las tecnologías digitales

Fuente: Pérez-Martínez, 2024

## REQUISITOS DE LOS SEMICONDUCTORES PARA APLICACIONES DE DEFENSA

Los equipos militares y sistemas de armas imponen requisitos muy exigentes a los semiconductores que los controlan. A diferencia de los chips de consumo, en defensa se necesitan. Por ejemplo, los chips militares son a menudo resistentes a la radiación ionizante, especialmente relevantes en alta altitud y en el espacio y deben funcionar de forma estable en un rango muy amplio de temperaturas. También se requieren materiales de alta calidad y controles de calidad muy estrictos para garantizar las vidas útiles prolongadas bajo condiciones adversas. Otros requisitos tecnológicos hacen referencia a la inmunidad frente a las interferencias electromagnéticas y a la protección frente a intrusiones o ciberataques, dado que muchos

de estos semiconductores gestionan funciones críticas de seguridad. Adicionalmente, deben ser resistentes a impactos y vibraciones, como los que sufren los misiles o vehículos en combate, sin perder funcionalidad, con tamaño pequeño, alta capacidad de computación y un bajo consumo que permita desarrollar diseños compactos, eficientes, móviles y robustos. Este conjunto de especificaciones excede con frecuencia las de los circuitos comerciales y, de hecho, un porcentaje de chips militares tiene requisitos que los chips convencionales no pueden cumplir. En consecuencia, el sector de defensa emplea semiconductores especializados, por ejemplo, versiones endurecidas o diseños ASIC (*application-specific integrated circuit*) específicos, incluso asumiendo costes mayores, priorizando la resiliencia y la seguridad por encima de la eficiencia económica, al tratarse de un bien estratégico.

Lo cierto es que, aunque las nuevas tendencias en defensa que optan por sistemas avanzados pueden tener requisitos de nodos avanzados, en su mayor parte, buscando la fiabilidad de los sistemas, el ámbito de la defensa utiliza y prioriza nodos convencionales.

## TENDENCIAS EN LA TECNOLOGÍA AVANZADA MILITAR

### IMPACTO DE LA IA EN LA DEFENSA

Los nuevos desarrollos para herramientas militares avanzadas necesitan **chips especializados** para sustentar la supercomputación y la IA, para aplicaciones directas en sistemas avanzados militares, de inteligencia y de seguridad. Estos sistemas sirven para la detección de interferencias en tiempo real, control de equipos robóticos, reconocimiento de imágenes en tiempo real, control de enjambres de drones, sistemas visuales inteligentes integrados, evaluación de condiciones físicas y otros usos en investigación, como el control mental de objetos.

En estos últimos usos avanzados, los sistemas son un apoyo en la toma de decisiones complejas que, en parte, deben ser tomadas

automática o semiautomáticamente para lograr reacciones en tiempo real. El grado de complejidad, y, por tanto, de la automatización necesaria en el bucle de decisión que corresponde a la transición del control de la decisión desde el humano a la máquina, es una zona que ya estamos recorriendo a gran velocidad en distintas aplicaciones, como por ejemplo los drones que se utilizan de manera experimental para identificar, marcar y atacar objetivos sin intervención humana, con consecuencias éticas enormes. Pero el desarrollo de circuitos integrados específicos para este tipo de aplicaciones marcará la diferencia para lograr la supremacía militar.

### INTERNET DE LAS COSAS MILITARES (IOMT)

En estas aplicaciones se necesitan sobre todo sensores militares **de bajo coste, tecnología sin batería y portátil** (en sus dos acepciones, como 'transportable' y como *wearable* o 'ponible'). Se impone la sensorización masiva de distintos entornos y muchas de estas tecnologías estarán maduras al final de la década, permitiendo «visualizar» con distintas señales (movimiento, acústicas, térmicas, visuales, etc.) el campo de batalla en tiempo real (Figura 14).

**FIGURA 14.** Tendencias en IoMT

TENDENCIA	DESCRIPCIÓN
Sensores inteligentes para UAV	Realizar vigilancia, recopilar inteligencia y participar en combates mientras se comunican con otros dispositivos IoMT para crear una vista completa del campo de batalla.
Tecnología portátil ( <i>wearable</i> )	Sensores en uniformes inteligentes y dispositivos portátiles que monitorean signos vitales, exposición ambiental y niveles de municiones.
Sensores IoT sin batería	Sensores capaces de recolectar energía de su entorno para alimentarse, sin depender de una batería tradicional.

Fuente: Elaborado por Gonzalo León

## RIESGOS GEOPOLÍTICOS PARA LA ESTRATEGIA DE DEFENSA

Dentro de los múltiples riesgos de la cadena de suministro de semiconductores, hay algunos específicos que amenazan la disponibilidad de chips y la autonomía tecnológica de las naciones. En el ámbito de la defensa, un caso ilustrativo es el **control del galio** por parte de China. El galio es un elemento clave para el desarrollo de materiales de banda ancha basados en el nitruro de galio y sus aleaciones, que se utilizan en electrónica de potencia, permitiendo la operación de los chips a altos voltajes, frecuencias y temperaturas muy por encima del silicio convencional y en aplicaciones de defensa de última generación, como, por ejemplo, en los radares militares. Estos chips permiten detectar objetos más pequeños y rápidos a mayor distancia. Las restricciones de China sobre la exportación del galio han levantado la alarma sobre la seguridad del suministro. Como consecuencia directa, el precio de galio casi se duplicó en menos de un año, pasando de unos 300 \$/kg a inicios de 2024 a unos 530 \$/kg en octubre del mismo año.

Esta situación ha forzado la respuesta de EE. UU., invirtiendo en técnicas de reciclado de galio y creando reservas estratégicas de este metal con el objetivo de almacenar al menos los insumos consumidos en un año por su industria militar. En paralelo, la EU explora vías para reducir su dependencia, con proyectos como MUSTANG, en colaboración público-privada entre INDRA y la UPM, orientados a producir chips de GaN de fabricación europea, con el objetivo de lograr soberanía tecnológica en componentes de GaN y el aseguramiento del suministro propio para sectores como defensa y comunicaciones.

Por otra parte, la batalla comercial de EE. UU. y China va más allá de lo estrictamente económico y se busca también, como hemos visto, a través de las limitaciones del acceso a materias primas

por parte China y de chips avanzados por parte de EE. UU., retrasar el acceso a tecnologías relevantes en el campo militar como la IA. Por otra parte, las presiones y amenazas sobre Taiwán debilitarían la posición de NVIDIA y por tanto sería una gran disrupción sobre los dispositivos más avanzados para la IA por parte de EE. UU.

Sin embargo, cabría preguntarse si las sanciones y restricciones son tan efectivas como se desearía. Lo cierto es que, aunque SMIC no tiene acceso a las herramientas de litografía extrema EUV, sin embargo, han conseguido grandes avances desarrollando chips de 7 nm para Huawei, sacando provecho del acopio de máquinas de litografía profunda que hicieron en 2022 acaparando más del 45 % del mercado y utilizando aceleradores de partículas para mejorar dichas máquinas.

Por otra parte, el acceso a la financiación para proyectos en defensa está bien desarrollado en EE. UU. con el programa Microelectronics Commons financiado por DARPA. En Europa la orientación fundamental de sus iniciativas en semiconductores son los mercados civiles y en los dos últimos años no se han percibido mejoras, aunque probablemente las directrices europeas vayan cambiando debido a la reorientación hacia el rearme como herramienta de disuasión de potenciales agresiones rusas, junto con el deseo de tener una menor dependencia de EE. UU. El problema de fondo que subsiste es de percepción ciudadana, en gran medida. Ganar la batalla de la conciencia colectiva es más importante que nunca para poner en marcha las necesarias inversiones.

A esto se añade que Estados Unidos ejerce un control exhaustivo a través del reglamento de artículos de defensa y tecnologías duales (control ITAR o de Tráfico Internacional de Armas), que afecta a múltiples productos de fabricación europea que contienen dispositivos

de proveedores americanos, y esto lógicamente puede interrumpir la cadena de suministros de los proyectos europeos de defensa. Europa tiene que tomar decisiones urgentes en las que además haya un alineamiento de las políticas nacionales de los países miembros, no siempre coincidentes.

En Europa, y por ende en España, los programas coincidentes son escuetos y faltan zonas de fabricación confiable, con certificaciones de seguridad nacional, europea y OTAN para la fabricación de chips para defensa, que permitan mantener una fabricación de tiradas pequeñas en nodos maduros propia que compense la deslocalización de estas capacidades hacia China hace décadas. Estados Unidos ha anunciado en marzo de 2025 la creación de una instalación dedicada a los proyectos de defensa de la mano de INTEL. **Los programas coincidentes de tecnologías duales pueden abrir paso a desarrollos de defensa costo-efectivos**, con la capacidad multiplicativa de las tecnologías duales, que pueden emplearse en dispositivos de consumo y sectores como energía, automoción, etc., y extenderse no solo a usos en el ejército, sino al resto de las fuerzas de seguridad y de emergencia, así como a infraestructuras críticas.

En ciertas aplicaciones, cambiar de FPGA (*field-programmable gate array*, o un circuito integrado reprogramable después de fabricado) a ASIC (*application-specific integrated circuit*, o circuito integrado de aplicación específica) puede ser interesante para mantener el control y la IP de la tecnología de defensa en España, así como optar por la capacidad de integración de circuitos específicos con otros de uso general y trabajar por tanto aspectos de empaquetamiento de circuitos mixtos, chiplets combinados, etc. (Figura 15).

Reforzar la compactación de los sistemas es otro punto de interés, así como el uso de

tecnologías convergentes, heterogéneas y la integración electrónica de tecnologías fotónicas y cuánticas. La colaboración de universidades y centros de investigación con la industria militar es fundamental para poder dotarnos de tecnologías con IP nacional, sobre todo cuando se trata de tecnología cripto de aplicación en comunicaciones seguras.

## OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAS EMERGENTES EN DEFENSA

A pesar de los riesgos, la rápida evolución de la industria de semiconductores abre oportunidades tecnológicas e industriales relevantes en particular para aplicaciones de defensa de próxima generación.

La demanda de procesadores especializados en IA se ha disparado globalmente. En defensa, estos chips permiten capacidades como el análisis de inteligencia, reconocimiento de imágenes en tiempo real y apoyo a la toma de decisiones en el campo de batalla. La tendencia apunta hacia el desarrollo de ASIC de IA personalizados para aplicaciones militares específicas, lo que promete rendimientos muy superiores en tareas como la visión artificial, comunicaciones seguras o guerra electrónica. Por ejemplo, DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency, agencia del Departamento de Defensa de los Estados Unidos responsable del desarrollo de tecnologías innovadoras para la seguridad nacional) financia programas como OPTIMA (Optimal Processing in Memory Arrays) con 78 millones de dólares para desarrollar nuevos tipos de chips que ejecuten algoritmos de IA de forma mucho más eficiente en términos de energía y tamaño. También empresas líderes como IBM están explorando arquitecturas revolucionarias que podrían disrumpir los sistemas de armas autónomos mediante IA, ofreciendo ventajas decisivas. Dominar este campo de la IA militar

**FIGURA 15.** Resumen comparativo entre FPGA y ASIC

CRITERIO	FPGA	ASIC
<b>Definición</b>	Circuito integrado programable tras su fabricación	Circuito integrado diseñado para una aplicación específica
<b>Flexibilidad</b>	Alta, reprogramable varias veces	Nula, diseño fijo
<b>Coste inicial (NRE)</b>	Bajo, sin costes de fabricación personalizada	Alto, requiere costes de diseño y fabricación personalizados
<b>Coste por unidad</b>	Alto, debido al uso de <i>hardware</i> genérico	Bajo, economía de escala en producción masiva
<b>Tiempo de desarrollo</b>	Corto, ideal para prototipos y pruebas rápidas	Largo, diseño, verificación y fabricación complejos
<b>Rendimiento</b>	Inferior, más lento y menos eficiente en consumo energético	Superior, optimizado para velocidad, área y eficiencia energética
<b>Consumo de energía</b>	Alto, lógica genérica y reconfigurable	Bajo, optimización a nivel de transistor
<b>Volumen de producción</b>	Ideal para bajo a medio	Rentable solo en grandes volúmenes
<b>Complejidad del diseño</b>	Moderada, herramientas accesibles y flujos ágiles	Alta, requiere herramientas avanzadas y expertos
<b>Tiempo de comercialización</b>	Rápido, sin esperas por fabricación	Lento, procesos de fabricación y validación largos
<b>Uso típico</b>	Prototipos, pruebas, productos de bajo volumen, sistemas embebidos	Electrónica de consumo, telecomunicaciones, automoción, IA
<b>Capacidad de actualización</b>	Reconfigurable en campo ( <i>field upgradeable</i> )	No actualizable una vez fabricado
<b>Seguridad IP (propiedad)</b>	Más vulnerable al clonado o ingeniería inversa	Mayor protección IP por su diseño específico
<b>Ejemplos de proveedores</b>	Xilinx (AMD), Intel (Altera), Lattice	TSMC, Samsung Foundry, GlobalFoundries (como fabricantes para diseño)

Fuente: Elaboración propia

significará disponer de sistemas más inteligentes, autónomos, desde drones hasta centros de mando, con un desempeño muy superior al del enemigo.

El desarrollo de **drones autónomos y enjambres inteligentes** como vehículos militares no tripulados representan otra área de gran proyección. Gracias a la miniaturización y

potencia creciente de los semiconductores, es posible dotar a estos drones compactos de capacidades de navegación autónoma, reconocimiento y toma de decisiones en tiempo real. Se vislumbra la implementación de enjambres de drones coordinados por IA operando cooperativamente, lo cual requiere chips capaces de procesar gran cantidad de datos rápidamente y comunicarse en tiempo

real. Tecnologías como el 5G/6G dedicadas y procesadores de borde (*edge AI*) permitirán que estos enjambres se adapten a las necesidades de los campos de batalla. También son necesarias las plataformas de control y mando con IA que dirigen estos enjambres, manteniendo al humano en el bucle de decisión cuando sea necesario. En paralelo, el concepto de **internet de las cosas militares** (IoMT) está ganando fuerza. Las fuerzas armadas que logren desplegar sensorización masiva en el campo de batalla con enjambres de señales terrestres y aéreas obtendrán ventajas en el conocimiento situacional y superioridad en la información.

También despuntan otras tecnologías como la **computación neuromórfica**, que buscan emular redes neuronales biológicas en su funcionamiento, activando circuitos solo cuando ocurre un evento relevante, lo que conlleva un consumo ultraeficiente de energía. Permitiría manejar información de forma asíncrona y masivamente paralela, similar al cerebro para el reconocimiento de patrones, procesamiento de señales y la toma de decisiones autónoma. IBM e INTEL, así como la *start-up* alemana SpiNNcloud, trabajan en prototipos neuromórficos. En las aplicaciones militares la computación neuromórfica promete dotar de inteligencia artificial embebida a sistemas con restricciones de energía o latencia, como puede ser el caos de sensores remotos, pequeños satélites o robots autónomos de largo alcance, ampliando las capacidades sin necesidad de conectividad continua con centros de datos, especialmente indicados en misiones prolongadas, dispositivos de vigilancia encubiertos, etc.

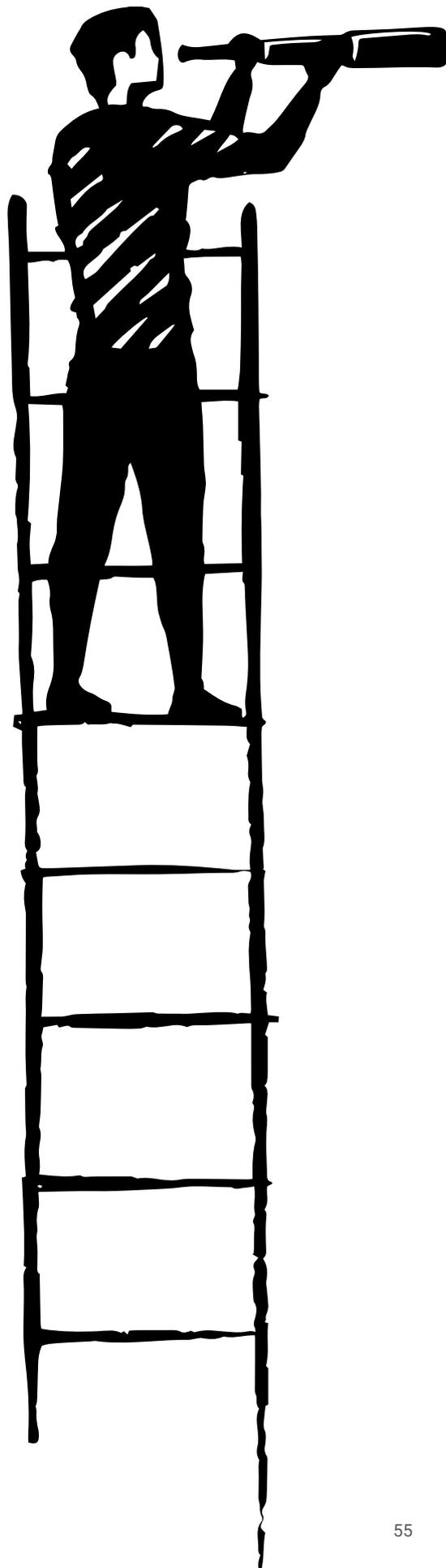
Los países que sepan combinar la visión y la inversión adecuada en estos tipos de sistemas pueden posicionarse a la vanguardia, desarrollando sectores industriales de alto valor añadido alrededor de estos chips y sistemas, por otra parte, de uso dual.

## SITUACIÓN ESPAÑOLA. RETOS Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN

En el contexto descrito anteriormente, **España parte de una posición rezagada** en la carrera de los semiconductores y en las inversiones en defensa, aunque se prevén incrementos sustanciales de las inversiones en ambos sectores en los próximos años. El peso de nuestra industria nacional de microelectrónica es muy reducido y nos impide aspirar a una soberanía tecnológica apreciable en este ámbito. En la actualidad, España depende casi por completo de suministradores extranjeros, tanto de chips comerciales como de componentes electrónicos avanzados para defensa, lo que supone una alta vulnerabilidad estratégica, enervada por las condiciones geopolíticas ya mencionadas y la intensificación reciente de la guerra comercial por parte de EE. UU. A nivel europeo, tampoco contamos con capacidades propias de fabricación de chips punteros ni tenemos el control sobre algunas patentes críticas, ya que muchas de las herramientas de EDA y la propiedad intelectual de los semiconductores provienen de EE. UU. Además, existe un déficit de personal especializado y menores inversiones en comparación con otras potencias. Esta situación coloca a España y a la EU en una posición de debilidad «entre dos fuegos» en la pugna tecnológica global.

Conscientes de lo anterior, el Gobierno de España, junto con el ecosistema industrial, está dando pasos para revertir la situación, aunque de momento los avances son lentos. La industria de los semiconductores es hoy por hoy un pilar geoestratégico, equiparable en importancia a sectores tradicionales como la energía. Su naturaleza dual (civil y militar) implica ventajas económicas y defensivas para quienes logren dominar esta tecnología, mientras que depender de terceros supone riesgos considerables. Hemos visto cómo las grandes potencias

pugnan por el control de la cadena de suministro, desde los materiales críticos como el galio hasta los chips de IA más avanzados, utilizando para ello tanto la inversión masiva en innovación como las restricciones comerciales y los acuerdos con aliados. En paralelo, la revolución tecnológica continúa: los avances en inteligencia artificial, loMT, computación neuromórfica y otras áreas prometen transformar radicalmente las capacidades militares en la próxima década.



**INSTRUMENTOS  
PARA LA  
SOBERANÍA  
TECNOLÓGICA  
Y LA  
AUTONOMÍA  
ESTRATÉGICA**

**03.**



En esta sección, pondremos de relieve las **herramientas** de las que España y Europa se han dotado recientemente para que a través de la **soberanía tecnológica podamos alcanzar una autonomía estratégica** suficiente en comparación con Estados Unidos. Ambos conceptos, soberanía tecnológica y autonomía estratégica, están íntimamente ligados, y se entienden muy bien con ejemplos en el campo de los semiconductores. Así, el contar con soberanía en tecnologías críticas del sector de los semiconductores (lo que implica aumentar la producción local de chips, las capacidades tecnológicas de la IA o el cloud soberano) permite tomar decisiones políticas, económicas y de seguridad (autonomía estratégica) con mayor margen de maniobra, alineadas con los propios valores, intereses y prioridades como pueden ser la competitividad de nuestras empresas, la privacidad o seguridad europeas, o la sostenibilidad. En otras palabras, las **dependencias tecnológicas revierten en vulnerabilidades estratégicas.**

---

La autonomía estratégica abierta propuesta por la Comisión Europea pretende buscar la independencia sin caer en el proteccionismo, promoviendo una base tecnológica propia y resiliente. En la EU se han impulsado iniciativas como el *European Chips Act*<sup>24</sup> europeo, el *Data Act*<sup>35</sup>, los Espacios de Datos Europeos<sup>36</sup> o la *Raw Materials Act*<sup>27</sup>, entre otras, con la voluntad de reforzar la soberanía tecnológica como vía para lograr mayor autonomía estratégica. Sin capacidad propia en tecnologías críticas, una nación o conjunto de naciones, como es el caso de la EU, no pueden proteger ni asegurar sectores clave como la defensa, la energía, las comunicaciones o la industria.

En relación con la *European Chips Act* o Ley Europea de Chips, la EU busca como objetivo general doblar la cuota de mercado de la UE, pasando del 10 % actual al 20 % mundial en 2030, reforzando la soberanía tecnológica. Se plantea impulsar el liderazgo europeo en chips avanzados (nodos punteros), incrementar la capacidad productiva, innovar en diseño, fabricación y encapsulado y subsanar brechas en la cadena de suministro y de talento (Figura 16). El PERTE Chip de España comparte la meta de soberanía con el objetivo de hacer de España un referente en el diseño y la fabricación de semiconductores, desarrollando capacidades nacionales en toda la cadena de valor y logrando un efecto multiplicador de la economía.

En el caso de la *Chips Act americana*<sup>19</sup>, los objetivos de alcanzar soberanía tecnológica se comparten con Europa y se enfocan sobre todo en el aumento de las capacidades domésticas de producción y el refuerzo de la I+D nacional, buscando sobre todo reducir la dependencia de Asia, contrarrestando en particular a China. En esencia, las tres estrategias comparten el objetivo de ganar autonomía estratégica en microelectrónica, aunque con enfoques adaptados a sus realidades e intereses regionales, que en este momento de

**FIGURA 16.** Objetivos clave de la Ley Europea de Chips

#### OBJETIVOS CLAVE DE LA LEY EUROPEA DE CHIPS

Reforzar la capacidad de investigación e innovación

Liderazgo europeo en diseño y fabricación

Permitir apoyo público a la producción europea

Mejorar la anticipación y la respuesta ante problemas de suministro

Apoyar a las pymes para fomentar soluciones innovadoras

Fuente: *European Chips Act*

incertidumbre global también están cambiando y reorientándose hacia el proteccionismo y aislacionismo estadounidense, como se ha visto en detalle en el capítulo 1.

### CHIPS ACT EUROPEO Y PERTE CHIP ESPAÑOL; COMPARACIÓN CON LA CHIPS ACT AMERICANA

La UE articula su *Chips Act* en torno a tres pilares: (1) la iniciativa Chips for Europe para I+D e innovación a gran escala (p. ej., creación de líneas piloto y centros de diseño, centros de competencias), (2) un nuevo marco de ayudas que permite subvencionar instalaciones de fabricación first of a kind o únicas en su clase (flexibilizando las normativa de ayudas de Estado) y (3) un mecanismo de coordinación paneuropeo (el Consejo Europeo de Semiconductores) para monitorear la cadena de suministro y activar medidas de emergencia en caso de escasez (Figura 17).

La UE prevé movilizar más de 43 000 millones de euros hasta 2030 de fondos públicos y privados para ejecutar la *Chips Act*. De ellos, alrededor de 15 000 millones de euros provendrán del presupuesto europeo y la cofinanciación nacional, y el resto, de la cofinanciación del sector privado.

La UE espera que, gracias al *Chips Act*, surjan hasta una decena de nuevas megafábricas o ampliaciones en el continente (p. ej.: fábrica de Intel en Alemania, aunque con incertidumbre y planes parados de momento; Global Foundries y STMicroelectronics en Francia; alianza entre TSMC-Infineon-Bosch-NXP, que están construyendo una fábrica ESMC con foco en

chips para automoción en Dresde) y múltiples líneas piloto punteras en ámbitos como chips de potencia, fotónica integrada, semiconductores compuestos y nuevos centros de diseño. El objetivo explícito es alcanzar en 2030 esa cuota del 20 % de producción global, lo que implica cuadruplicar aproximadamente la capacidad actual europea.

En Europa, la gobernanza se implementa mediante el **European Semiconductor Board**<sup>22</sup> para la coordinación política y seguimiento de la ley, mientras que la ejecución del pilar de I+D recae en el **Chips Joint Undertaking**<sup>37</sup> (Chips JU), establecido en 2023.

**FIGURA 17.** Pilares de la Ley Europea de Chips

CONSEJO EUROPEO DE SEMICONDUCTORES (GOBERNANZA)			
	Pilar 1	Pilar 2	Pilar 3
	<i>Chips para Europa</i>	<i>Seguridad de suministro</i>	<i>Monitoreo y alertas</i>
Chips JU	Iniciativa sobre infraestructuras en sinergia con los programas de investigación de la UE	Instalaciones de producción de semiconductores sin precedentes	Mecanismo de coordinación de crisis con los Estados miembros
Fondos Chip	Apoyo a <i>start-ups</i> y pymes		Poderes reforzados de la Comisión Europea en tiempos de crisis

Fuente: Comisión Europea, 2022

La Chips JU es una asociación público-privada tripartita con autoridades públicas de la Comisión y los países miembros que constituyen el Consejo de Autoridades Públicas y las asociaciones industriales como miembros privados, constituyendo el Consejo de Miembros Privados. La Chips JU, sucesora de ECSEL/KD,

encargada de lanzar convocatorias de proyectos de investigación e innovación a nivel europeo, sigue la Agenda Estratégica de Investigación e Innovación en Componentes Electrónicos y Sistemas<sup>38</sup> (ECS-SRIA por sus siglas en inglés), generada como un *roadmap* por el Consejo de Miembros Privados (Figura 18).

**FIGURA 18.** Agenda estratégica de investigación e innovación en Componentes Electrónicos y Sistemas**ECS SRIA – AGENDA ESTRATÉGICA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN****Objetivos principales****Impulsar la competitividad industrial mediante innovaciones tecnológicas interdisciplinarias.**

Garantizar/reforzar la autonomía estratégica de la UE mediante ECS seguros, fiables y sólidos que respalden los dominios de aplicación clave europeos.

Establecer y fortalecer cadenas de valor ECS sostenibles y resilientes que apoyen el Pacto Verde.

Desplegar todo el potencial de sistemas ECS inteligentes y autónomos para la era digital europea.

**1. Capas tecnológicas fundamentales****Áreas transversales que se benefician de la contribución interdisciplinaria de las capas fundamentales o apoyan el conjunto de capas tecnológicas.**

- 1.1 Tecnologías de procesos, materiales y fabricación
- 1.2 Componentes, módulos y sistemas
- 1.3 Software embebido y más allá
- 1.4 Sistemas de sistemas

**2. Tecnologías transversales****Pila tecnológica básica de una solución típica de digitalización y sus dependencias jerárquicas.**

- 2.1 *Edge computing* e inteligencia artificial embebida
- 2.2 Conectividad
- 2.3 Arquitectura y diseño: métodos y herramientas
- 2.4 Calidad, confiabilidad, seguridad, ciberseguridad

**3. Áreas clave de aplicación ECS****Dominios clave de aplicación ECS para Europa, que se benefician de y orientan las hojas de ruta tecnológicas ECS.**

- 3.1 Movilidad
- 3.2 Energía
- 3.3 Industria digital
- 3.4 Salud y bienestar
- 3.5 Agricultura y recursos naturales
- 3.6 Sociedad digital

**4. Visión a largo plazo**

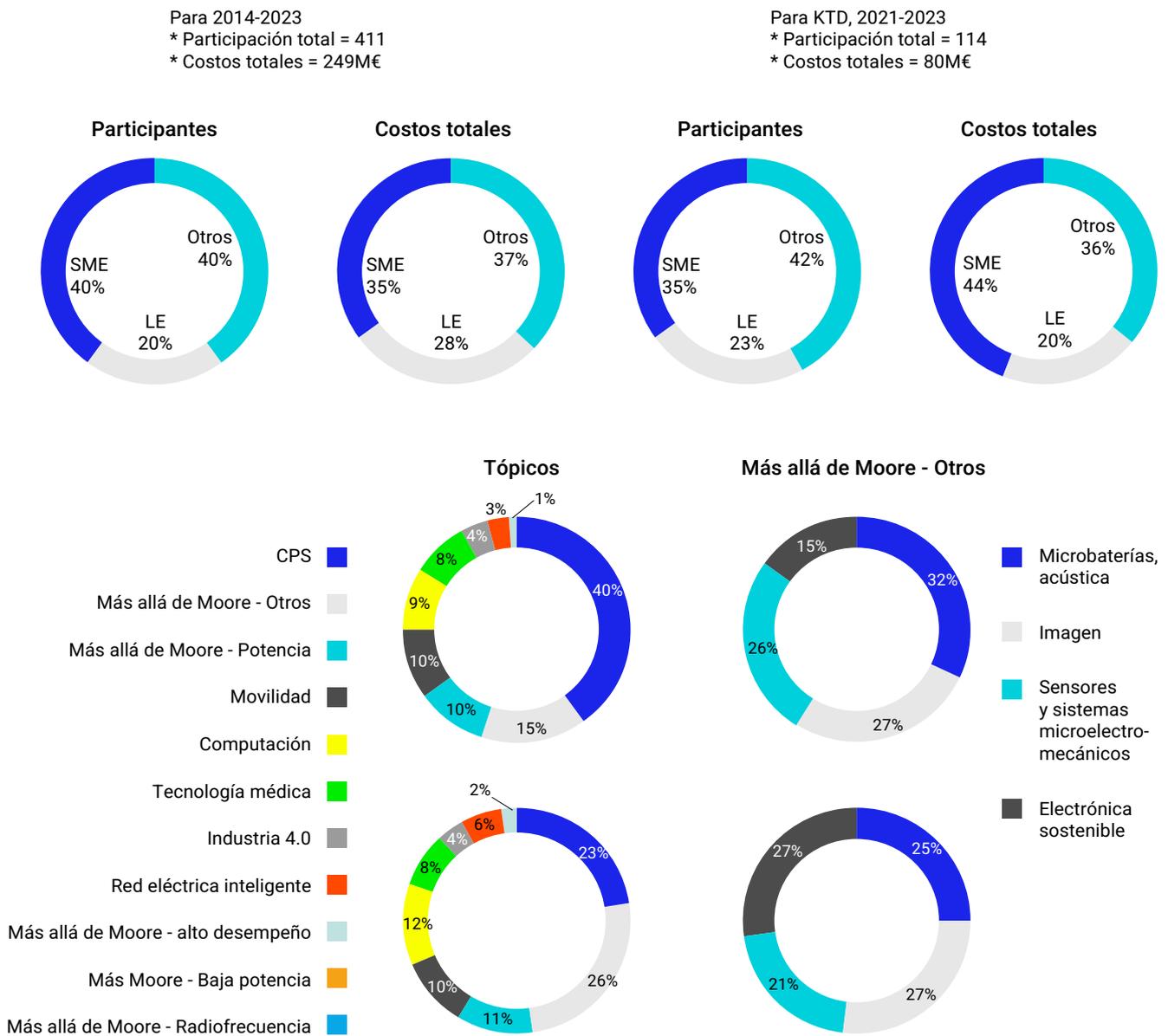
*Lo que debe abordarse ahora, con un nivel de madurez tecnológica (TRL) bajo, para alimentar la innovación*

Los objetivos del Chips JU se basan en la integración de la financiación a nivel nacional y europeo, la promoción de la I+D+I tratando de cerrar el gap entre la investigación y el mercado y el fomento del crecimiento económico y el apoyo a la industria. En este sentido, su misión es apoyar proyectos que impacten en la cadena de valor, buscando la masa crítica suficiente y enfocándose en el liderazgo industrial. Sus convocatorias se lanzan, en parte, a través de **proyectos colaborativos** (*collaborative projects*

con un presupuesto de 6000 millones de euros) en las áreas SRIA, también incluyendo TRL bajos y promoviendo con ellos la autonomía estratégica europea avanzando las tecnologías de chips nanoelectrónicos, la excelencia y la competitividad, incorporando fondos europeos, nacionales y en algunos casos regionales.

La participación española en las convocatorias recientes es significativa y está bien repartida entre sectores, áreas, etc. (Figura 19).

**FIGURA 19.** Participación de España en las convocatorias lanzadas por el Chips JU



También coordinan otros proyectos para generar capacidades (*capacity building* con un presupuesto de 4100 millones de euros), desarrollando varios objetivos de la Chips Act como son: la Plataforma de Diseño, las *pilot lines* NanoIC, Fames, Apecs, WBG, PIXIE Europe (*pilot line* de fotónica coordinada por España), las tecnologías de chips cuánticos y el desarrollo de las habilidades a través de los centros de competencia.

**FIGURA 20.** Iniciativa Chips para Europa



Fuente: Chips JU Europa (Comisión Europea)

En la actualidad, ya se están dando consultas y movimientos para activar una *Chips Act 2.0*, lo que daría continuidad en los próximos años a las inversiones en el sector europeo de los semiconductores.

En el caso de EE. UU., la Chips Act contempla subsidios directos y créditos fiscales: 39 000 millones de dólares en subvenciones para nuevas fábricas (incluyendo 2000 millones de dólares reservados a semiconductores legado o nodos convencionales para automoción/

defensa) y 13 000 millones de dólares para I+D en semiconductores y formación de fuerza laboral. Adicionalmente, introduce un crédito fiscal del 25 % a las inversiones de capital en plantas y equipos de chips, facilitando la atracción de proyectos industriales. Asimismo, EE. UU. ha creado estructuras específicas como la **Chips Program Office** en el Departamento de Comercio para gestionar las ayudas de fabricación, recientemente sustituida por un Acelerador de Inversiones<sup>39</sup> mediante una orden ejecutiva del presidente Trump del 31 de marzo de 2025, y un

**National Semiconductor Technology Center**<sup>40</sup>

en consorcio público-privado para liderar la investigación y transferencia al sector.

En EE. UU., la *Chips Act* asigna 52 700 millones de dólares federales hasta 2026 para subvenciones y programas sectoriales, además de otros 75 000 millones de dólares en créditos garantizados mediante agencias financieras. Esta inversión pública va acompañada por decenas de miles de millones anunciados por empresas (Intel, TSMC, Samsung, etc., han lanzado inversiones en nuevas fábricas en Arizona, Texas, Nueva York, etc.), incentivadas por la expectativa de las ayudas. También se estima que las medidas fiscales (crédito fiscal del 25 %) supongan un apoyo equivalente a 24 000 millones de dólares adicionales en diez años. En suma, la escala financiera de EE. UU. (sumando incentivos fiscales) es significativamente mayor que la de la UE, aunque la Unión cuenta con aportes nacionales añadidos y exige cofinanciación privada en cada proyecto. En este momento, con la nueva administración Trump, hay incertidumbres sobre la continuidad de las inversiones o la cancelación de aquellas subvenciones aún no adjudicadas, siguiendo las declaraciones del propio Trump el 4 de marzo de 2025 en el Congreso «*Your Chips Act is a horrible, horrible thing. We give hundreds of billions of dollars and it doesn't mean a thing. They take our money and they don't spend it. You should get rid of the Chips Act and whatever is left over, Mr. Speaker, you should use it to reduce debt*»), sugiriendo además que su política de aranceles debía de ser suficiente para que las nuevas fábricas se instalasen en Estados Unidos evitando así los costes arancelarios. El secretario de Comercio, Howard Lutnick, aunque ha alabado el programa, ha declarado que quería revisar las concesiones hechas por la administración Biden, que se elevan a 33 000 millones de dólares e incluyen 4750 millones de dólares a Samsung Electronics, 7860 millones de dólares a Intel, 6600 millones de dólares a TSMC y 6100 millones de dólares a Micron.

En Estados Unidos, a dos años de implementación de la ley, ya se habían catalizado más de cincuenta proyectos entre fábricas de chips y plantas de suministros, con inversiones anunciadas de 200 000 millones de dólares y la expectativa de más de cuarenta mil empleos directos en fabricación. El Gobierno prevé que la cuota estadounidense en capacidad mundial (hoy ~12 %) comience a incrementarse por primera vez en décadas, acercándose a niveles de 1990 (cuando EE. UU. producían ~37 % de los chips). Adicionalmente, se espera que la inversión en I+D asegure la primacía estadounidense en tecnologías emergentes (chips cuánticos, inteligencias artificiales, etc.) y mitigue vulnerabilidades de suministro, evitando otra crisis de escasez como la de 2020-2021. En EE. UU., el liderazgo recae en el Departamento de Comercio, que estableció la Chips Program Office para otorgar las subvenciones de fabricación, con asesoramiento de un panel industrial. La estrategia general se coordina a nivel federal a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y con la participación del Departamento de Defensa (para componentes críticos). La rendición de cuentas se hace ante el Congreso, que supervisa la asignación de fondos. Un elemento de gobernanza destacado en EE. UU. son las condiciones estrictas impuestas a los receptores de fondos (p. ej., prohibición de expandir ciertas operaciones en China durante diez años, beneficios para empleados, etc.), reflejando objetivos de seguridad nacional y políticas sociales adjuntos a la ejecución de la ley.

España, a través del **PERTE Chip**, emplea fondos públicos (principalmente del Plan de Recuperación) combinados con inversión privada para financiar proyectos tructores en cuatro ejes: I+D científico, diseño de chips (*fabless/ IP*), construcción de fabs y dinamización de la industria TIC usuaria. Usa instrumentos variados como subvenciones, préstamos y coinversión pública (*equity*), gestionados por diferentes organismos ministeriales y empresas públicas, e

incentiva la colaboración público-privada (incluida la participación en proyectos europeos como los IPCEI, las líneas piloto de la *Chips Act* o los Centros de Competencia).

El Gobierno ha dotado al PERTE CHIP con una inversión inicial que superaba los 12 000 millones de dólares de 2022 a 2027, siendo el PERTE mejor dotado de los existentes, movilizándolo 0,9 % del PIB en comparación con instrumentos similares de EE. UU. (0,2 %), Alemania (0,5 %) o Francia (0,2 %). Este presupuesto se reparte en actuaciones orientadas a la construcción de fábricas (9350 millones de euros) y el resto a proyectos de I+D, diseño, infraestructuras científicas y apoyo al ecosistema.

En España, el PERTE Chip aspiraba inicialmente a construir al menos dos fábricas (una de ellas de nodo avanzado <5 nm, objetivo que ya se ha descartado) y fortalecer un ecosistema nacional de diseño con mayor número de empresas *fabless* e iniciativas de apoyo y generación de *start-ups*, impulsadas por la investigación nacional. Se proyecta la creación de nuevos empleos altamente cualificados (ingenieros de microelectrónica, técnicos de fabricación) y la atracción de inversores internacionales. En **su fase inicial se realizó la identificación de unos 45 proyectos**, que en la actualidad se están llevando a cabo y cuya viabilidad de implementación en su mayoría aún está estudiándose.

La Gobernanza del PERTE Chip dependía inicialmente de la Comisión especial PERTE Chip (adscrita al Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital) que contaba con un Comisionado del PERTE como figura de coordinación. En 2022 se creó la Sociedad Estatal de Microelectrónica y Semiconductores (SEMyS), empresa pública que servía para canalizar las inversiones del PERTE; posteriormente transformada en la Sociedad Española para la Transformación Tecnológica dependiente del Ministerio de Transformación Digital (SETT), entidad pública empresarial para la financiación

e inversión en tecnologías disruptivas digitales que incluye los sectores audiovisual, de transformación digital —ciberseguridad, IA, bioelectrónica—, telecomunicaciones y la microelectrónica y los semiconductores), que actúa como agente ejecutor y coordinador del PERTE. La SETT actúa como instrumento ágil para invertir en el sector, con capacidad para coinvertir junto a empresas, gestionar ayudas y aglutinar recursos estratégicos a través de tres instrumentos: PERTE Chip, Fondo Next Tech y *Spain Audiovisual Hub*. En esencia, SETT permite movilizar el capital público de forma más flexible que los mecanismos tradicionales, participando incluso vía capital (*equity*) en empresas o consorcios del sector. Su misión es imprimir velocidad y eficacia a un proyecto-país tan complejo como el de semiconductores, funcionando como ventanilla única a nivel estatal para evitar la dispersión de esfuerzos entre múltiples ministerios. La SETT actúa como actor proactivo con una gestión compartida de riesgos a través de su coinversión en los proyectos.

## AVANCES DEL PERTE CHIP

Aunque el ciclo de semiconductores es de largo plazo y el PERTE comenzó a andar en 2022, el **PERTE Chip, hoy en día gestionado por la SETT, ya ha materializado una serie de iniciativas:**

- Se han destinado 21 millones de euros para reforzar la I+D pública en semiconductores en una convocatoria de pruebas de concepto (Convocado por la AEI).
- El programa Misiones Chip (convocado por CDTI) financió catorce proyectos de investigación orientada en tecnologías microelectrónicas prioritarias liderados por la industria con 47 millones de euros.
- Asimismo, se invirtieron 45 millones de euros en la mejora y ampliación de salas blancas en el

Centro Nacional de Microelectrónica (CNM-CSIC) y 10 millones de euros para renovar salas limpias de micromanofabricación en otras instituciones. Estas actualizaciones permitirán a los científicos españoles prototipar con medios más modernos y escalar desarrollos hacia la industria.

- Se crearon las Cátedras Chip en universidades, con una inversión de 46 millones de euros destinada a formar más de mil profesionales en microelectrónica, en buena parte, aunque no únicamente, enfocados en las herramientas de diseño. Estas cátedras financian nuevos másteres y programas de especialización para ingenieros, con la colaboración de empresas del sector, subsanando la brecha de talento a medio plazo.
- Se han reservado 93 millones de euros para reforzar capacidades relacionadas: por ejemplo, la compra e instalación del supercomputador MareNostrum 5 y la expansión de la Red Nacional de Supercomputación, infraestructuras clave para simular diseños de chips y otras tareas afines.
- Se han subvencionado proyectos industriales por 53 millones de euros por parte del Ministerio de Industria con fondos del PERTE Chip.
- Se ha cerrado un acuerdo con el IMEC para la construcción de un centro en Málaga.
- Se ha cerrado un acuerdo con Intel para la creación de un laboratorio conjunto con el BSC.
- Se atrajo a CISCO para que pusiera su primer centro de diseño de Chips en Europa, en España.
- Se ha generado un portfolio de proyectos de los que se estudia viabilidad e inversión.

Sin embargo, los proyectos fabriles de mayor envergadura aún no se han materializado, a pesar de que el Gobierno mantuvo

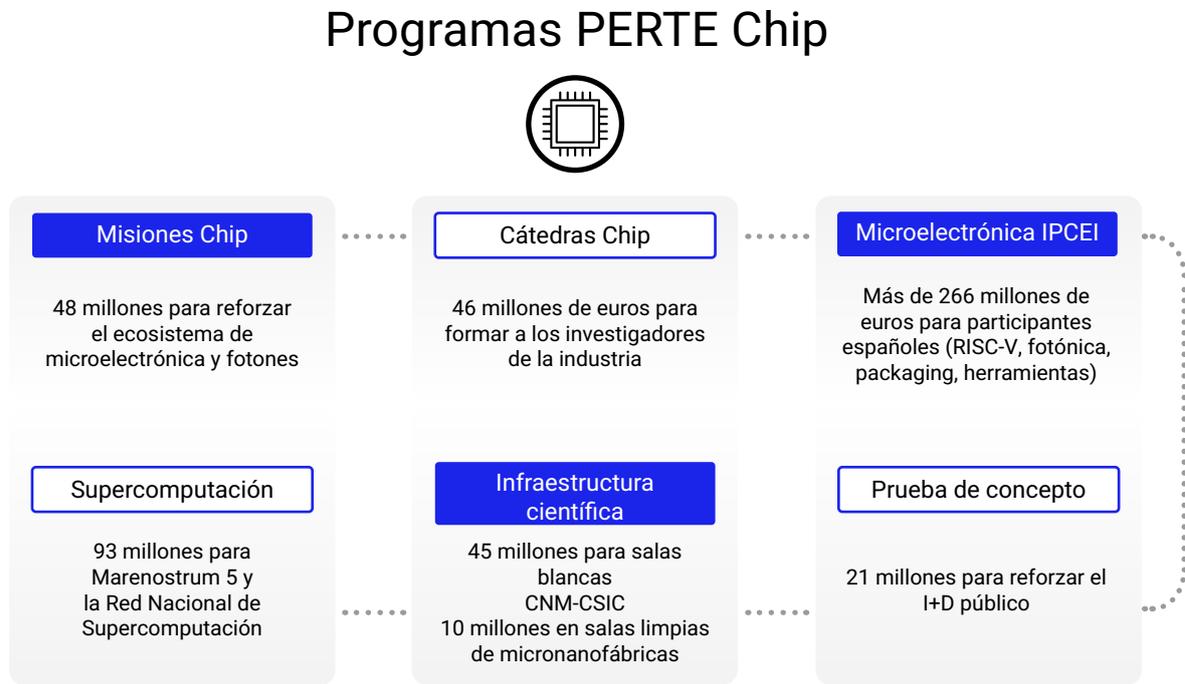
conversaciones con diversas multinacionales (Intel, TSMC, Samsung, GlobalFoundries, etc.), ofreciendo el apoyo financiero del PERTE. A finales de 2023 trascendió la preselección de varios proyectos fabriles, pero a falta de anuncio oficial definitivo, no se ha comprometido financiación públicamente.

Además de lo anterior, investigadores y empresas españolas han obtenido más de 266 millones de euros en convocatorias europeas de chips. Esto incluye la participación en proyectos del Chips JU europeo en ámbitos de RISC-V, fotónica, encapsulado y herramientas EDA.

Adicionalmente, el PERTE Chip a través de la SETT se alinea con la gobernanza europea vía la participación en iniciativas comunitarias: España se ha adherido al IPCEI de Microelectrónica y colabora con la Chips JU para desarrollar proyectos conjuntos como la *pilot line* PIXE de Fotónica. Recientemente, también se han seleccionado dos propuestas para sendos **centros de competencias españoles**, uno de ellos, PIXESpain, asociado a la *pilot line* de fotónica PIXEurope y otro más generalista, MicroNanoSpain. Y se está en vías de presentación de propuestas para una *pilot line* en cuántica con participación española (Figura 22).

En conjunto, el balance a la fecha evidencia avances preliminares en el fortalecimiento del entorno investigador y la I+D+I industrial y de diseño, así como la preparación para inversiones industriales mayores (Figura 21). El ecosistema español, aunque reconoce los esfuerzos realizados hasta ahora por el Gobierno, demanda ayudas menos burocratizadas, más flexibles, con criterios más transparentes y eminentemente técnicos y de ejecución más rápida, así como una visión a largo plazo y una estrategia nacional robusta que permita la financiación de las iniciativas y el fortalecimiento del sector una vez que los fondos de recuperación ya no estén vigentes.

**FIGURA 21.** Programas PERTE Chip



Fuente: SETT

## ACTUACIONES DE FINANCIACIÓN DEL MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES DE POTENCIAL INTERÉS EN EL SECTOR DE LOS SEMICONDUCTORES

Para ampliar este informe, dejamos constancia de las actuaciones de interés para el sector de los semiconductores en España que se realizan a través del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y sus organismos dependientes como son el CDTI y la AEI.

### ACTUACIONES ACTUALES DEL CDTI RELEVANTES PARA EL SECTOR DE LOS SEMICONDUCTORES

El CDTI es una entidad pública empresarial dependiente del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades que promueve la investigación,

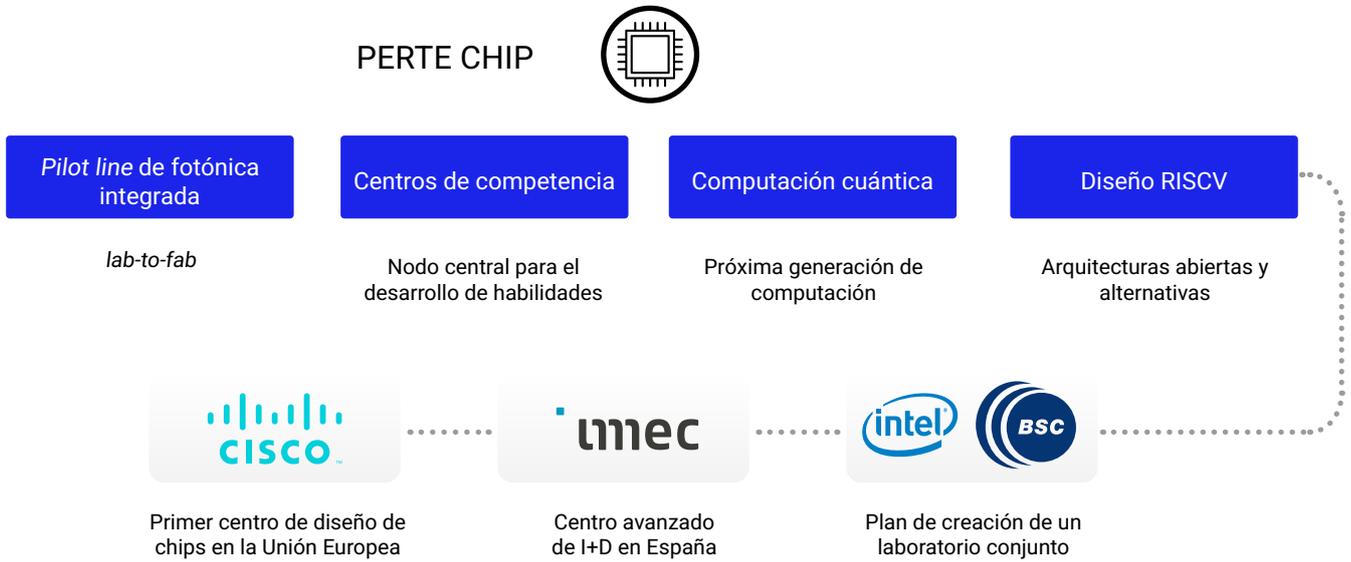
el desarrollo y la innovación tecnológica (I+D+i) entre las empresas españolas.

Su principal misión es conseguir que el tejido empresarial español genere y transforme el conocimiento científico-técnico en crecimiento globalmente competitivo, sostenible e inclusivo. Para ello, el CDTI ofrece apoyo financiero a la I+D y la innovación a través de una cartera variada de instrumentos para atender a las distintas realidades dentro del ecosistema de innovación empresarial, en función de las características de cada uno de los grupos: *start-ups* y empresas de base tecnológica, pymes, *midcaps* y grandes empresas que buscan innovar y entidades y otros actores del ecosistema (universidades, centros tecnológicos, otras entidades).

Para ello, cuenta con un mix de instrumentos que incluye, como base fundamental, instrumentos financieros reembolsables, como las ayudas parcialmente reembolsables (APR) con un

**FIGURA 22.** Proyectos europeos e inversiones estratégicas

## Proyectos europeos e inversiones estratégicas



## Proyectos europeos e inversiones estratégicas



Fuente: SETT

enfoque *bottom-up* donde las empresas definen sus prioridades según sus necesidades y posición en el mercado, así como instrumentos de capital, priorizando en ambos casos la neutralidad tecnológica y la horizontalidad. Además, cuenta también con instrumentos no reembolsables complementarios, como subvenciones y compra pública, con un enfoque estructural que busca abordar retos sociales, económicos y ambientales, fortalecer las relaciones ecosistémicas y maximizar las externalidades positivas y efectos de red.

Más concretamente en su plan estratégico 2024-2027, alineado con la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027, se definen los siguientes que pueden ser de interés para incentivar los proyectos de innovación de empresas del ecosistema de semiconductores, la cooperación entre los actores del ecosistema y el apoyo a la europeización e internacionalización de la tecnología española:

**a) Ayudas parcialmente reembolsables**

**(APR):** Son la herramienta principal del CDTI para impulsar la innovación en empresas consolidadas con el objetivo de mitigar riesgos y fomentar la investigación. Se dirigen a pymes, *midcaps* y grandes empresas con flujos de caja estables. En el actual periodo 2024-2027 se ofrecen diversas líneas de financiación de interés para las empresas consolidadas del sector semiconductor: Proyectos CDTI de I+D, Proyectos de I+D PERTES Aeroespacial y Salud de Vanguardia, Proyectos de Transferencia Cervera, Proyectos en Cooperación (CID), Proyectos Duales de I+D y Líneas de Innovación (LIC y LICa), Líneas de fortalecimiento PERTES Aeroespacial y de Salud de Vanguardia. Se evalúan bajo el principio de neutralidad tecnológica, considerando la calidad del proyecto y su impacto económico y social.

El instrumento APR ha venido financiando a un destacado número de empresas consolidadas de áreas sectoriales asociadas al ecosistema de semiconductores (diseño electrónico, dispositivos electrónicos, equipos de comunicaciones, electrónica industrial, electrónica de potencia, cargas de pago, sistemas de medición, etc.).

**b) Subvenciones:** Se reservan para programas de alto impacto y riesgo, como el crecimiento de empresas de base tecnológica, la participación en programas internacionales de la UE y la cooperación entre actores del ecosistema. En el actual periodo 2024-2027 se han planificado:

- **Programa NEOTEC** para el apoyo a la creación y expansión de empresas de base tecnológica. Esta actuación se alinea muy bien para empresas *spin-off* del sector de los semiconductores. Es una línea, además, en la que algunas comunidades autónomas, mediante sus convenios con CDTI, entran a financiar proyectos de *start-ups* que han superado los umbrales técnicos, pero se han quedado sin financiación en la convocatoria del CDTI.
- **Sello de Excelencia y Partenariados Europeos** para el fomento de la participación española en programas internacionales de la Unión Europea.
- **INTERCONNECTA-STEP**, dirigido a promover la cooperación y coordinación en I+D entre actores del ecosistema en zonas específicas, financiado con fondos FEDER. Entre los ámbitos tecnológicos financiados se recogen específicamente las tecnologías avanzadas de semiconductores y las tecnologías cuánticas.
- **Misiones Ciencia e Innovación** con objeto de impulsar la cooperación y transferencia de conocimiento entre centros de investigación

y empresas para alcanzar objetivos sociales significativos. Se recogen líneas como la soberanía estratégica en las materias primas minerales fundamentales para la transición energética y la industria entre cuyos sectores se identifica a la electrónica.

- **Programa CERVERA**, dirigido a fortalecer los vínculos y programas compartidos entre centros tecnológicos y el sector empresarial.
- **Innoglobal-FEDER**, financiado con fondos FEDER, para facilitar la participación de empresas y entidades en programas de cooperación tecnológica internacional, como Eureka, Iberoeka y otros programas bilaterales y unilaterales de regiones elegibles para FEDER. (Para la financiación de otras regiones, se empleará el instrumento de APR).

**c) Compra pública precomercial (CPP):** Un instrumento especialmente diseñado para generar demanda de innovación en las Administraciones públicas que prioriza iniciativas que abordan grandes retos sociales, económicos y ambientales. A través de este instrumento, el CDTI adquiere servicios de I+D para desarrollar prototipos de primeros productos o servicios, en forma de series de prueba, tecnológicamente innovadores y que satisfagan necesidades públicas. El prototipo desarrollado dentro del marco de estas CPP se cede a la entidad pública española interesada en el mismo y que pueda proporcionar el entorno real necesario para validar la tecnología desarrollada. El prototipo deberá utilizarse exclusivamente como demostrador tecnológico, para validar tecnología, sin fines comerciales posteriores. Estas iniciativas se cofinancian, principalmente, con fondos europeos. Las consultas preliminares del mercado y las correspondientes licitaciones son publicadas en la contratación del sector público y publicadas en la web de CDTI, entre otros medios.

La OCPI ha licitado diferentes iniciativas que implican desarrollo tecnológico en el ámbito de los semiconductores o en las que se requiere diseño de componentes microelectrónicos. Por ejemplo, la contratación precomercial de prototipos de carga útil satelital y segmento terreno asociado para distribución cuántica de claves (QKD).

**d) Capital riesgo:** CDTI, a través de su sociedad de capital riesgo, Innvierte Economía Sostenible SICC S.M.E., S.A, tiene por objeto promover la creación y desarrollo de empresas tecnológicas e innovadoras con alto potencial de crecimiento económico. Dentro de este objetivo, Innvierte cuenta con diferentes instrumentos con potencial aplicación al segmento de semiconductores:

- **Iniciativa de coinversión:** Innvierte acompaña en rondas de inversión a inversores privados profesionales, previamente homologados por Innvierte, en los que delega la gestión de las empresas participadas. Innvierte comenzó en 2019 una nueva iniciativa para fomentar la capitalización de empresas de base tecnológica e innovadoras ubicadas en España. Esta iniciativa consta de dos partes:
  - **Homologación de inversores privados profesionales** especializados en tecnología que concluye con la firma de un acuerdo de coinversión de estos con Innvierte.
  - **Inversión conjunta en las sociedades de base tecnológica** que se ajustan a la estrategia de inversión de Innvierte presentadas por los coinversores homologados conforme al acuerdo. Innvierte debe invertir un mínimo de 500 000 € por cada inversión inicial, en capital u otros instrumentos, cifra que podrá rebajar a 250 000 € si la tecnología empleada o desarrollada por la sociedad

participada fuera de especial valor, interés o excelencia, o si su potencial aplicación fuera considerada excepcionalmente innovadora o disruptiva. La inversión máxima por ronda de Innvierte será de 10 millones de euros y el importe total máximo que invertirá en una misma sociedad participada será de 15 M€ en condiciones de *pari passu* con coinversores privados homologados con un límite máximo de participación pública del 40 %.

Bajo esta iniciativa de coinversión, Innvierte es accionista directo de compañías como Wootpix, KDPOF, Alcyon Photonics o Fyla Laser dentro del sector de semiconductores.

Además, en noviembre de 2022 Innvierte lanzó una **nueva iniciativa de coinversión** en capital riesgo en **empresas estratégicas**. Con esta iniciativa, en la que Innvierte ha de aportar un mínimo de 10 millones de euros y no es necesario que los inversores privados estén homologados, se pretende apoyar el crecimiento y la consolidación de empresas tecnológicas e innovadoras españolas con alto potencial de crecimiento económico y de carácter estratégico para nuestro país.

- **Líneas de inversión indirecta:** Innvierte gestiona su participación en fondos de inversión de capital riesgo que invierten en empresas de base tecnológica o innovadoras en distintos sectores y etapas de crecimiento. En etapas iniciales del programa, la selección de las gestoras y vehículos de inversión se realizaba mediante convocatorias y muchos de esos vehículos están en fase de desinversión, o cerrados, lo que implica que no pueden invertir en nuevas empresas. Fondos como Caixa Innvierte Start, Kibo Ventures Innvierte Open Future, Be Able Innvierte KETs Fund o Caixa Innvierte Industria invirtieron en empresas de semiconductores.

Las iniciativas de fondos que están en periodo de inversión son las siguientes:

- **Convocatoria 2021 Fondos de Transferencia de Tecnología:** Se seleccionaron tres gestoras para promover fondos activos especializados en biotecnología, agroindustriales, *cleantech* y tecnologías digitales avanzadas entre los que se incluyen líneas de inversión en semiconductores y que se encuentran en periodo de inversión. Las tres gestoras seleccionadas tienen experiencia en el sector de semiconductores, ya que han realizado inversiones en este ámbito: BeAble – Alcyon; Bullnet – Anafocus, KDPOF, LeapWave Wootpix, Fyla; Clave Mayor – Wootpix.
- **Línea Fondo de Fondos:** En marzo de 2024, Innvierte reactivó y reformuló la línea de Fondo de Fondos, destinada a su participación como inversor ancla en fondos de capital riesgo especializados en tecnología que seleccione para que puedan llevar a cabo su estrategia inversora. Se están aprobando fondos en todos los sectores y en diferentes fases de inversión, pero por supuesto ya se han seleccionado gestoras con experiencia en inversión en el sector de semiconductores como Adara (ADD Semiconductores) o Kibo (KDPOF), y otros fondos que dentro de su estrategia de inversión se espera que puedan hacer inversiones en este sector, así como nuevos fondos que se irán aprobando.
- **Innvierte Deep-Tech y Tech Transfer:** Instrumento financiero de capital riesgo lanzado en mayo de 2025 entre Innvierte y el FEI (Fondo Europeo de Inversiones) mediante la inversión conjunta en fondos especializados. Cada uno actuará en su propio nombre y según sus criterios particulares de inversión, con un

compromiso de inversión total de 353 millones de euros (300 de Innvierte y 53 del FEI). Todavía no se sabe qué fondos se apoyarán porque la iniciativa está recién lanzada, pero los fondos que se aprueben se centrarán en actividades de transferencia de tecnología (TT) y tecnología profunda (DT) en diversos ámbitos, y aquí encajan perfectamente fondos cuya estrategia de inversión incluya el sector de semiconductores.

Aunque el CDTI proporciona datos públicos de la concesión de las propuestas, es difícil obtener los datos afinados por sector o tecnología, sobre todo en los instrumentos de inversión, pero las cifras adelantan que, dado el gran volumen de fondos existentes, las empresas están priorizando las líneas de subvención frente a las líneas *bottom-up*, para impulsar su estrategia corporativa y la evolución de sus proyectos o procesos con menor esfuerzo de inversión por su parte. En algunas actuaciones concretas hacia el sector de los semiconductores, sí se pueden aportar resultados, como por ejemplo en relación con el programa Misiones Chip convocado por CDTI en el marco del PERTE CHIP: se convocaron 60 millones de euros y se concedieron catorce proyectos con un total de 47 millones de euros (47 117 301,91 €), como ya se comentó en el apartado anterior. Además, en 2024, en la convocatoria Misiones Ciencia e Innovación (ajenas al PERTE CHIP) se financiaron proyectos del ecosistema que incluyó una línea específica dirigida al desarrollo y fortalecimiento del ecosistema español de fotónica integrada. Se convocaron 84 millones de euros y se concedieron 49 proyectos con un total de 83,5 (83 501 106,34 €).

## **ACTUACIONES DE LA AEI RELEVANTES PARA EL SECTOR DE LOS SEMICONDUCTORES**

La Agencia Estatal de Investigación (AEI) es el organismo dependiente del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades encargado de la financiación, gestión y seguimiento de las actividades de investigación científica y técnica en España. Su actuación se articula a través de convocatorias competitivas y programas estratégicos que abarcan todas las disciplinas científicas, promoviendo tanto la excelencia investigadora como la transferencia de conocimiento y la colaboración público-privada, dentro de los Planes Estatales de Investigación Científica y Técnica y de Innovación en vigor en cada momento (actualmente, PEICTI 2024-2027).

Dentro de su amplio abanico de instrumentos, destacan varios que son especialmente pertinentes para el desarrollo del ecosistema de los semiconductores en España, un sector estratégico de alta intensidad en I+D y con fuerte dependencia de capacidades tecnológicas avanzadas. Las actuaciones más adecuadas para este ámbito son:

### **1. PROYECTOS DE GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO (PGC)**

Estos proyectos financian actividades de investigación científica básica y aplicada lideradas por grupos de investigación de excelencia en universidades, centros públicos y privados sin ánimo de lucro. Permiten el desarrollo de conocimiento en áreas clave como materiales avanzados, física del estado sólido, nanotecnología, microelectrónica, fotónica o tecnologías cuánticas, todas ellas fundamentales para el progreso del sector de los semiconductores.

Modalidades relevantes: PGC tipo B (con equipos consolidados), Proyectos Retos Investigación (hasta 2022) y nuevas líneas orientadas por misiones científico-técnicas en el marco del Plan Estatal.

## 2. PROYECTOS ESTRATÉGICOS ORIENTADOS A LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y DIGITAL (PTI)

Esta modalidad impulsa proyectos que contribuyen a los grandes objetivos transformadores del país. En particular, el eje de transición digital promueve el desarrollo de tecnologías habilitadoras como la microelectrónica, la fotónica, la computación cuántica o el diseño de circuitos integrados, ámbitos directamente relacionados con la cadena de valor de los semiconductores.

## 3. PROYECTOS PRUEBA DE CONCEPTO 2023 PERTE CHIP

Como ya se ha comentado en la sección relativa a los resultados del PERTE CHIP, la AEI concedió en 2024 21,2 millones de euros a 104 proyectos de Prueba de Concepto centrados en microelectrónica y semiconductores. Estos proyectos están diseñados para acelerar la transferencia de conocimiento y resultados generados en investigaciones previas, contribuyendo al fortalecimiento del sector estratégico de los semiconductores en España. La distribución geográfica de las ayudas muestra una concentración significativa en Cataluña (35 proyectos), seguida por Madrid (24) y Andalucía (17), entre otras comunidades autónomas.

## 4. PROYECTOS EN COLABORACIÓN PÚBLICO-PRIVADA

El objetivo de esta convocatoria es apoyar proyectos de desarrollo experimental realizados en cooperación entre empresas y organismos de investigación, con el fin de promover el desarrollo de nuevas tecnologías, la aplicación empresarial de nuevas ideas y técnicas, y contribuir a la creación de nuevos productos y servicios. La AEI ha continuado con esta iniciativa en 2024, manteniendo el enfoque en proyectos de desarrollo experimental que fomenten la colaboración entre empresas y organismos de investigación. La convocatoria representa una oportunidad para ejecutar proyectos de I+D+i innovadores en colaboración, con resultados cercanos al mercado, que movilicen la inversión privada, generen empleo y mejoren la balanza tecnológica del país. Aunque el propósito es general y no especializan sectorialmente, algunos de los proyectos se desarrollan dentro del sector de los semiconductores.

## 5. PROYECTOS DE COLABORACIÓN INTERNACIONAL EN SEMICONDUCTORES PCI2024

En 2024 también se ha financiado la participación de entidades españolas en proyectos internacionales seleccionados en la convocatoria EUROHPC-JU-2024-DARE-SGA-04, centrada en el desarrollo de procesadores y aceleradores europeos basados en RISC-V. Esta iniciativa se alinea con el PERTE Chip y el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Las ayudas están cofinanciadas por la Unión Europea a través del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia.

Además de las convocatorias de proyectos, también se articulan múltiples convocatorias de **apoyo al talento** que, aunque no están sectorializadas, sirven para que las universidades y los centros de investigación en

semiconductores nacionales generen y atraigan talento (predoctorales FPI y FPU, Ramón y Cajal, Juan de la Cierva, ayudas para el personal técnico, Torres Quevedo, Programa Atrac).

## ANTEPROYECTO DE LA LEY DE INDUSTRIA Y AUTONOMÍA ESTRATÉGICA Y EL SECTOR DE LOS SEMICONDUCTORES

El Ministerio de Industria considera el sector de los semiconductores como estratégico en sí mismo, ya que es crítico para sectores industriales como automoción, agroalimentación, telecomunicaciones, seguridad nacional, etc. Este ministerio también participa junto a SETT en el EU Semiconductors Board y es la entidad responsable para España en el Pilar 3 de la *Chips Act* relacionada con la resiliencia y autonomía estratégica, así como de la financiación española de los IPCEI europeos como los que han recibido empresas españolas como KDpoF (en la actualidad KD) o Semidynamics, entre otras.

Desde el Ministerio de Industria se viene observando una creciente actividad en este sector, con un mercado cambiante a nivel internacional y con muchos nodos distribuidos en el territorio, generando un ecosistema que es traccionado por el apoyo a la I+D. La generación de un ecosistema fuerte es condición necesaria para que en un futuro pueda haber otras inversiones en capacidades de fabricación convencional o avanzada.

**El Anteproyecto de Ley de Industria y de la Autonomía Estratégica** (en tramitación en el Congreso desde diciembre de 2024) establece un nuevo marco jurídico para reforzar la base industrial española y reducir dependencias en sectores clave. **Varias disposiciones de esta ley incidirán directamente en el desarrollo del sector de los semiconductores, al considerarlo, aunque sin nombrarlo, un sector estratégico**

**para la autonomía tecnológica del país.**

La Ley crea la **Estrategia Española de Industria y Autonomía Estratégica** (art. 6) y su correspondiente **Plan Estatal Plurianual** (arts. 7-8), que definirán ejes prioritarios e incluyen programas específicos. En el artículo 8 se menciona que el Plan podrá incorporar «programas de impulso de ecosistemas industriales estratégicos en transformación» y «programas para el desarrollo de tecnologías estratégicas para Europa». Claramente, el ecosistema de microelectrónica y semiconductores encaja en esa definición (tecnología estratégica para Europa, ecosistema en transformación), por lo que la política pública hacia el sector de los chips quedará integrada en esta planificación de alto nivel. Esto significa que habrá objetivos industriales específicos, métricas e itinerarios para semiconductores dentro de la estrategia nacional, alineados con la estrategia europea (*Chips Act*), pero adaptados a la realidad del sector en España.

Entre otros aspectos nuevos, la ley introduce la figura de los **Ecosistemas Industriales Estratégicos** (art. 30). Se considerarán como tales aquellos sectores identificados en la Estrategia de Industria y Autonomía Estratégica vigente, y pueden identificarse cada seis años. Una vez declarado un sector como estratégico, se activan **varios efectos beneficiosos**:

- a. Un seguimiento reforzado:** Se implementará un sistema de seguimiento periódico de ese ecosistema, con hojas de ruta tecnológicas para su desarrollo y cuadros de mando de indicadores para guiar la toma de decisiones públicas.
- b. Optar a ayudas directas sin concurrencia:** La declaración acredita razones de interés público y habilita la concesión de subvenciones directas (sin necesidad de convocatoria competitiva) en ese

ecosistema. Esto es muy relevante, ya que, si la microelectrónica es declarada ecosistema estratégico, el Gobierno podría otorgar apoyos financieros ágiles a proyectos (por ejemplo, cofinanciar la instalación de una fábrica de chips) sin pasar por largos procesos de concurso, cumpliendo solo con la *Ley General de Subvenciones*.

- c. Establecer grupos de trabajo de simplificación normativa** que facilitarán la reducción de trabas administrativas que afecten al sector, tanto a nivel nacional como autonómico.

En conjunto, esta figura legal de Ecosistemas Industriales Estratégicos brindaría un trato preferente al sector estratégico concreto. Es de esperar que el sector de los semiconductores sea declarado Ecosistema Industrial Estratégico, dada su importancia, y, con ello, iniciativas como el PERTE Chip, actualmente gestionado por la SETT, tendrían un paraguas legal permanente más allá del Plan de Recuperación.

En este sentido, el art. 31 del Anteproyecto también **permite reconocer nuevos PERTE más allá de la vigencia del actual Plan de Recuperación**. Hasta ahora, los PERTE (incluido el PERTE Chip) estaban vinculados a los fondos europeos *NextGen* y tenían un horizonte de duración hasta 2026. Con esta ley, los PERTE se institucionalizan como instrumentos permanentes para proyectos tractores de colaboración público-privada que impulsen el crecimiento y la competitividad. En el caso de los semiconductores, esto implica que **el PERTE Chip podrá prolongarse o transformarse en un PERTE de segunda generación tras 2026**, asegurando la continuidad en las inversiones estratégicas. Además, con este marco legal se podrían aprobar como nuevos PERTE proyectos o consorcios de microelectrónica que se desarrollarían en el futuro (por ejemplo, un PERTE específico de chips de potencia o de fotónica, o que cubra las

necesidades de defensa y seguridad nacionales), lo que da flexibilidad para futuras iniciativas acorde con la evolución del sector.

Uno de los capítulos más vinculados a la autonomía estratégica en semiconductores es el de la **Reserva Estratégica basada en las Capacidades Nacionales de Producción Industrial** (RECAPI) (arts. 32-33). Este mecanismo, alineado con la Ley de Seguridad Nacional<sup>41</sup>, busca identificar recursos, bienes y tecnologías de primera necesidad o carácter estratégico y asegurar su disponibilidad en caso de crisis. Los semiconductores son paradigmáticamente un recurso estratégico crítico (como evidenció la escasez de chips reciente). La ley establece que el Estado adoptará medidas de planificación, control, coordinación y producción industrial para prevenir, prepararse y responder a crisis de suministro de esos recursos estratégicos. En la práctica, esto implicará recopilar información de las empresas sobre potenciales cuellos de botella, establecer *stockpiles* o capacidades de emergencia (posiblemente mantener inventarios de ciertos chips esenciales), coordinarse con la UE en caso de alertas de desabastecimiento dentro del Pilar 3 de la *Chips Act* y, en última instancia, proteger y salvaguardar la industria nacional productora de esos recursos. Así, si la producción de semiconductores se considera estratégica, el Gobierno podría llegar a intervenir, por ejemplo, priorizando entregas a sectores críticos en una escasez, o apoyando financieramente para evitar cierres de plantas. La RECAPI formaliza una política de seguridad del suministro para sectores como el de los semiconductores, dotando de mayores garantías a inversores (que verán el compromiso del Estado en caso de crisis) y a usuarios industriales. Se debe establecer, para ser eficientes, una alianza con las empresas de cada sector estratégico para que puedan contribuir de forma ordenada a la autonomía estratégica haciendo su propio plan, que puede incluir la intensificación de su

inversión en I+D o en talento, la diversificación de proveedores y otras medidas sobre fabricación o almacenamiento de *stocks* críticos, por ejemplo.

La ley refuerza también la protección de la base industrial estratégica. El art. 33 define la gobernanza de la RECAPI y el 34 crea un **sistema de certificación de empresas para la autonomía estratégica**. En otras palabras, se desarrollarán normas técnicas y certificados que acrediten que una empresa contribuye a la autonomía estratégica (p. ej., un fabricante de chips crítico) y que cumple ciertos estándares de resiliencia, seguridad en la cadena de suministro, etc. Tener esta certificación podría dar prioridad en apoyos públicos o consideración preferente. Para el sector de los semiconductores, esto podría aplicarse a una empresa que fabrique obleas de silicio o chips para defensa, por ejemplo, de manera que certificándola se reconoce su rol estratégico. Adicionalmente, en la Disposición Adicional Segunda se crea un **Comité de Inversiones Estratégicas**, presumiblemente encargado de agilizar y evaluar proyectos de inversión extranjera en sectores estratégicos. Esto puede facilitar, por ejemplo, la llegada de un gran fabricante de chips internacional, ofreciéndole un **fast-track administrativo y apoyo institucional coordinado**.

Por otra parte, también se establece un **Consejo Estatal de Política Industrial**, entendido como una plataforma interministerial que dará directrices para la política industrial nacional con una visión unificada, holística y conectada con Europa. La industria europea, en este sentido, es bastante única a nivel mundial en calidad

y en impacto (huella de carbono, condiciones laborales, impacto industrial y excelencia en sectores maduros), lo que se quiere mantener aumentando la competitividad y la autonomía estratégica.

En síntesis, el Anteproyecto de Ley podría brindar un marco de apoyo estable y prioritario al sector de microelectrónica. Al elevarlo a la categoría de sector estratégico nacional, se aseguran instrumentos legales para canalizar recursos de forma preferente, simplificar trámites y blindar su desarrollo a largo plazo. Complementaría al PERTE Chip (que es un programa específico) con una capa legal transversal: estrategias nacionales, reservas de emergencia, incentivos especiales. Esto atraerá inversores internacionales, al ver que España cuenta con una política de Estado prosemiconductores (similar a la de otros países con legislación *ad hoc*). También fomentará la resiliencia, ya que, ante futuras crisis de suministro de chips, España tendrá planes de contingencia y podrá reaccionar coordinadamente con Europa. En suma, la Ley de Industria y Autonomía Estratégica servirá de columna vertebral jurídica para consolidar el **impulso al sector de semiconductores** iniciado con el PERTE Chip, asegurando que este perdure y se integre en una visión industrial de país.

Otro de los aspectos positivos de la Ley es que se generarán **Planes Estratégicos Nacionales para los sectores definidos como tal**, lo que podría garantizar la existencia de un Plan Nacional de Microelectrónica y Semiconductores, que es una de las mayores demandas del sector.

# OPCIONES TECNO LÓGICAS DE PAÍS

# 04.



## FORTALEZAS TECNOLÓGICAS NACIONALES EN CONOCIMIENTOS Y CAPACIDADES

En los últimos años, **España ha logrado desarrollar y consolidar una serie de capacidades tecnológicas y científicas clave en el ámbito de los semiconductores, sentando bases sólidas sobre las que construir un sector más competitivo.** Estas capacidades abarcan desde el diseño microelectrónico y la computación de altas prestaciones, pasando por ámbitos punteros como la fotónica integrada y las tecnologías cuánticas, hasta la disponibilidad de infraestructuras de I+D. A continuación, se describen algunas de las principales fortalezas nacionales en cada uno de estos ámbitos, a modo de ejemplo y sin pretender ser exhaustivos.

### DISEÑO DE SEMICONDUCTORES, RISC-V Y COMPUTACIÓN DE ALTAS PRESTACIONES

España cuenta con fortalezas notables en el campo del **diseño de circuitos** y arquitecturas avanzadas, impulsadas en gran medida por el trabajo de centros de excelencia y empresas emergentes especializadas. En particular, el **Barcelona Supercomputing Center** (BSC-CNS) se ha posicionado como un referente internacional; no solo alberga uno de los supercomputadores más potentes del mundo (MareNostrum, octavo a nivel global) orientado a aplicaciones de inteligencia artificial y simulación, sino que también lidera la investigación y desarrollo en arquitecturas de procesadores basados en **RISC-V**, la creciente familia de chips con instrucciones abiertas. En la actualidad, NVIDIA es la empresa que proporciona los mejores chips con nuevos modelos en el mercado cada año o año y medio y es imbatible en prestaciones/velocidad, aunque pueden crearse productos que superen a los procesadores de NVIDIA en precio y consumo energético. Sin embargo, se está generando

un ecosistema creciente de empresas de nueva creación para desarrollar chips de altas velocidades, y que desean aprovechar el sistema RISC-V para evitar la IP propietaria de AMD, Intel o ARM en sus productos, y se espera que en el 2030 haya en el mercado al menos un 31 % de chips de altas velocidades basados en RISC-V, habiendo conquistado en una década el mercado de diseño de chips, y que la **iniciativa europea para el desarrollo del RISC-V dé lugar a un producto y consorcio global como Airbus o Galileo.**

El BSC encabeza iniciativas europeas de diseño de procesadores de altas prestaciones, participando en programas como el *European Processor Initiative* y desarrollando prototipos como los núcleos Lagarto y Lagarto OX, orientados a la computación de altas prestaciones y aceleración vectorial. Esta capacidad de diseño *end to end* en Europa a través del proyecto DARE (desde la arquitectura hasta la implementación física del chip) posiciona a España, ya que lo coordina el BSC, como un actor relevante en la adopción de RISC-V, alineado con la estrategia europea de apostar por *hardware* abierto (aunque cuenta con reticencias por parte de Alemania). De hecho, a nivel europeo se han movilizad del orden de 1000 millones de euros para impulsar la adopción de RISC-V en distintos ámbitos, oportunidad que España está aprovechando gracias a su ecosistema de diseño. Junto al BSC, destacan algunas pymes de base tecnológica y *start-ups* españolas especializadas en IP de procesadores y sistemas embebidos. Un ejemplo es **Semidynamics**, empresa *fabless* dedicada al diseño de CPU RISC-V de altas prestaciones y aceleradores, que junto con iniciativas como **OpenChip** (con sede en Barcelona y recientemente en Madrid) está contribuyendo a que exista en España un verdadero centro de diseño RISC-V reconocido internacionalmente. Estos actores conforman

un ecosistema de diseño microelectrónico cada vez más vibrante, con capacidad para concebir chips complejos (CPU, aceleradores de IA, etc.) y con la vista puesta en nichos estratégicos como el automóvil conectado, los centros de datos energéticamente eficientes y la supercomputación a exaescala, que se refiere a computadoras que pueden realizar al menos 1 exaFLOP (1 quintillón de operaciones de doble precisión por segundo). En este entorno, el proyecto del **BSC ZettaScale Lab** desarrolla chips masivamente paralelos de nueva generación para industrias españolas y espera alcanzar la velocidad de los chips de NVIDIA en tres o cuatro años, para su implementación en el superordenador Marenostrum 6, en coches autónomos o en aplicaciones de *edge computing* o computación en el borde (paradigma informático que desplaza el procesamiento de datos de la nube centralizada a los dispositivos cercanos a la fuente de los datos, como sensores, dispositivos IoT y servidores locales, reduciendo la latencia, aumentando la seguridad y mejorando la eficiencia al procesar la información lo más cerca posible de su origen). Se espera que en unos cinco o seis años el Marenostrum 6 cuente con chips de diseño propio.

Destacan también otras iniciativas españolas como la **SOHA** (*Spanish Open Hardware Alliance*), con 25 universidades que comparten diseños RISC-V, o el Centro de Microelectrónica de Sevilla del CSIC, especialista también en diseño de chips.

Una parte de las **Cátedras Chips financiadas por el PERTE Chip están focalizadas en la formación de profesionales para el diseño de chips y RISC-V. También destaca en este ámbito de formación de talento la reciente alianza entre Open Chip y la Universidad Complutense de Madrid.**

## FOTÓNICA INTEGRADA Y TECNOLOGÍAS OPTOELECTRÓNICAS

Otra de las fortalezas tecnológicas de España reside en el campo de la **fotónica integrada**, que consiste en el diseño y fabricación de circuitos que integran componentes fotónicos (láseres, moduladores, detectores) sobre un chip. La fotónica habilita aplicaciones en comunicaciones ópticas, sensores y computación de alta velocidad basándose en la capacidad de generar, transmitir y modular fotones, lo que conlleva una mejor eficiencia energética, mayor ancho de banda y velocidad también para interconectar procesadores convencionales. Su mercado, aunque más reducido que el electrónico, está creciendo y es esencial en nuevas aplicaciones, por lo que se considera una tecnología habilitadora.

**España ha desarrollado en los últimos años un ecosistema puntero en fotónica que abarca la investigación fundamental, el desarrollo de componentes y un incipiente sector empresarial *fabless* dedicado a soluciones fotónicas cuyo foco está principalmente en el hardware para IA y centros de datos, las aplicaciones en medicina y las tecnologías cuánticas.** De hecho, se considera que España está en posición de liderar un sector fotónico integral en la UE, apoyado por inversiones superiores a 600 millones de euros y con la reciente concesión de una **línea piloto europea PIXEurope de fotónica integrada**, que coordina el **ICFO**. Esta apuesta estratégica busca crear una infraestructura de fabricación compartida a nivel europeo para chips fotónicos, semejante a las líneas piloto existentes en electrónica, y en la que centros españoles aspiran a jugar un papel relevante. La línea piloto busca apoyar a las empresas que quieren acelerar sus productos fotónicos y necesitan equipos para desarrollar sus patentes, puede desarrollar todas las plataformas monolíticas e híbridas y realizará trabajos de experimentación y testeo

a partir de prototipos con TRL 3. La producción se transfiere a *fabs*. PIXEurope cuenta con socios de Austria, Bélgica, Finlandia, Francia, Irlanda, Italia, Polonia, Portugal, España, Países Bajos y Reino Unido. A nivel español, PIXEurope cuenta con la participación directa de entidades de las comunidades autónomas de Cataluña, Valencia, Madrid y Galicia, y beneficiará a toda la comunidad nacional del sector.

**El ecosistema nacional**, en este ámbito, incluye grupos académicos de excelencia en fotónica (por ejemplo, además del ICFO, en las **universidades Politécnica de Valencia y Politécnica de Madrid, Universidad Carlos III de Madrid, Universidad de Vigo o el Instituto de Microelectrónica de Barcelona del CSIC**, que investiga en fotónica de silicio), así como *start-ups* y empresas especializadas. Cabe destacar que en España existe ya un conjunto de empresas *fabless* fotónicas de primer nivel, con competencias en tecnologías III-V (semiconductores compuestos), en fotónica de silicio e incluso en tecnologías para comunicaciones cuánticas como la distribución cuántica de claves (QKD). Esta combinación de conocimientos, que van desde materiales semiconductores avanzados hasta sistemas fotónicos completos, proporciona a España una base tecnológica sólida para innovar en aplicaciones como transeptores ópticos para redes 5G/6G, sensores LiDAR para vehículos autónomos, interconexiones ópticas para centros de datos y sistemas de criptografía cuántica, entre otros. **La integración fotónica se percibe además como un campo donde España puede diferenciarse dentro de Europa, aprovechando la masa crítica ya existente y el apoyo institucional para ampliar capacidades de fabricación de prototipos** (parte del presupuesto del PERTE Chip está dedicado a infraestructuras como las salas limpias, que podrían destinarse a producción piloto de fotónica) **y se está impulsando un centro de competencias asociado a la línea piloto.**

## TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

En sintonía con las tendencias internacionales, España ha comenzado a despuntar en el emergente sector de las **tecnologías cuánticas**, que abarcan la computación cuántica, las comunicaciones cuánticas, la metrología/sensórica cuántica y el desarrollo de materiales y dispositivos asociados. Aunque se trata de un ámbito aún incipiente, existen ya capacidades nacionales notables, especialmente concentradas en ciertos polos regionales. En particular, **el País Vasco ha formulado una estrategia cuántica integral denominada Basque Quantum (BasQ)**, orientada a posicionar a Euskadi como un polo de referencia mundial en este campo. El plan Basque Quantum, liderado por el Gobierno Vasco en coordinación con las diputaciones de Álava, Bizkaia y Gipuzkoa, persigue desarrollar un ecosistema completo de investigación, talento, emprendimiento e innovación en tecnologías cuánticas, alcanzando la masa crítica suficiente y conexiones internacionales para atraer a los mejores investigadores y generar oportunidades de negocio. Un hito concreto de esta estrategia ha sido la instalación en Donostia del **IBM Quantum Computational Center**, el sexto centro de computación cuántica de IBM en el mundo, que alberga un computador cuántico IBM Quantum System One de 127 cúbits (operativo desde 2024). Esta infraestructura de clase mundial, fruto de la colaboración público-privada con IBM, ofrece acceso local a capacidades de computación cuántica para universidades y empresas (actualmente más de veinte entidades españolas utilizan ya este computador en la nube) y actúa como catalizador para desarrollar conocimiento y aplicaciones cuánticas avanzadas, siendo punta de lanza de la investigación básica y de las herramientas y diseño de futuros componentes de la tecnología cuántica. Dentro de la estrategia vasca se desarrollan las áreas de ciencia básica en tecnologías cuánticas, materiales, herramientas

y fotónica. Algunas de las empresas que ya están desarrollando productos para tecnologías cuánticas en este *hub* son **QuantumMotion** y **Multiverse**, por ejemplo.

Junto al nodo vasco, existen otras iniciativas relevantes en España: por ejemplo, el **programa Quantum Spain** (coordinado por el BSC y varias universidades), que busca desplegar infraestructura cuántica y algoritmos especializados; los esfuerzos del CSIC en materia de comunicaciones cuánticas seguras; el nodo gallego alrededor de Qmio, un computador cuántico de 32 cúbits en el **Centro de Supercomputación de Galicia** (CESGA); o la **red avanzada de comunicaciones cuánticas madrileña liderada por IMDEA Software y la UPM, basada en la infraestructura de REDIMADRID**. Esta red funciona como *testbed* para experimentos QKD sobre fibras ópticas (red con tráfico real + cuántico) probando el *hardware* dedicado y es hasta la fecha la mayor infraestructura de su clase en Europa, superando los 100 km de longitud y conectando las universidades públicas madrileñas, la UNED, el CSIC, los institutos IMDEA y otros organismos públicos.

Adicionalmente, **el PERTE Chip contempla una inversión específica (unos 60 millones de euros) para impulsar las tecnologías cuánticas a nivel nacional, integrando esta temática dentro de la visión más amplia del sector microelectrónico**. Aunque aún en fase temprana, la confluencia de estos esfuerzos posiciona a España en el camino de desarrollar capacidades propias en el diseño y fabricación de componentes cuánticos (p. ej., chips de atrapamiento de iones, circuitos superconductores o fotónicos para computación cuántica, o sensores cuánticos) y en el talento necesario para explotarlos.

## INFRAESTRUCTURA DE FABRICACIÓN, ENSAMBLAJE Y SERVICIOS ASOCIADOS

Históricamente, **España no ha contado con grandes fábricas de semiconductores front-end** más allá de la fábrica de ATT en Tres Cantos, cuya actividad se deslocalizó en su momento, pero sí dispone de infraestructuras de I+D y producción de pequeña escala que sirven como activo importante para el ecosistema. **El país alberga varios laboratorios con salas limpias y capacidad de fabricación de circuitos integrados en obleas reducidas, enfocados principalmente a la investigación y prototipado. Destaca el Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM, CSIC)**, que opera la mayor sala limpia de investigación en microelectrónica del sur de Europa y fabrica dispositivos MEMS, sensores de silicio e incluso circuitos CMOS de nodo maduro para proyectos públicos y privados. Este tipo de infraestructura nacional está siendo reforzada mediante financiación pública (el PERTE Chip destina 67,5 millones de euros a mejorar infraestructuras científicas de microelectrónica, incluidas salas limpias y equipamiento asociado de la **ICTS de MicroNanofabricación** en la que participan, además del IMB-CNM, el ISOM de la Universidad Politécnica de Barcelona y el NTC de la Universidad Politécnica de Valencia), con el objetivo de dar servicio a universidades, centros tecnológicos y empresas emergentes en sus primeros desarrollos de *hardware*. También es destacable la sala blanca de **IMDEA Nanociencia en Madrid**, que cuenta con certificaciones de seguridad de la OTAN, europea y nacional, siendo en Europa un caso prácticamente único en el ámbito público. IMDEA Nanociencia coordina la recién creada **Red de Salas Blancas de la Comunidad de Madrid**, que incluye las salas blancas de institutos de investigación y universidades madrileñas y algunas salas blancas de empresas asociadas al Clúster de Innovación Tecnológica y Talento en Semiconductores de la Comunidad de Madrid.

A estas capacidades se sumará próximamente el proyecto de **IMEC Málaga**, que, con más de 600 millones de euros de inversión provenientes del PERTE CHIP gestionado por la SETT, la Junta de Andalucía, y el Ayuntamiento de Málaga, posiciona a España en la puesta en marcha de tecnologías nuevas desde TRL bajos, formando parte del ecosistema de IMEC global, que cuenta con alrededor de seis mil investigadores. La sala blanca Fab5 de IMEC prevista para su centro de Málaga será una extensión en nuevas capacidades, sin repetir lo que ya tienen en Lovaina, y tendrá una extensión de 2000 m<sup>2</sup> dotada con litografía de inmersión de 193 nm en obleas de 300 mm, para permitir el prototipado de productos complejos de alto valor añadido. IMEC es además la puerta de entrada al sistema europeo de **Europractice** para diseño y fabricación, así como a la Plataforma Europea de Diseño para *start-ups* y empresas. IMEC pretende involucrar al ecosistema español a través de un **foro anual en España** que exponga sus tecnologías, proyectos y oportunidades de colaboración con centros de investigación, universidades y empresas, con dotaciones de inversiones semilla para realizar proyectos conjuntos, doctorados, etc. También cuenta con **imec.istart**, que es un programa de aceleración que estará disponible para *start-ups* españolas con desarrollos en *deep-tech* relacionados con semiconductores, así como su fondo de capital **imec.xpand**, que permitirá crecer los proyectos.

Por otro lado, en el ámbito industrial, **España sí cuenta con capacidades destacadas en el back-end** (proceso posterior a la fabricación del chip, que incluye el encapsulado, ensamblaje y prueba de los semiconductores, y que es un elemento clave para la integración heterogénea, la gestión térmica y la operación eficiente en alta frecuencia de los chips). Un ejemplo representativo es la **Corporación Televés** (empresa gallega del sector de las telecomunicaciones operativa desde los años cincuenta), que no solo diseña sus propios

circuitos integrados de microondas (MMIC) para equipamiento de radiofrecuencia, sino que también dispone de líneas de producción electrónica avanzadas capaces de encapsular y montar chips de manera altamente sofisticada. Televés ha desarrollado y fabricado en masa más de seis millones de circuitos integrados de diseño propio, utilizando técnicas modernas de encapsulado *flip-chip* con pilares de cobre (*copper pillar flip chip*), lo que la sitúa a la vanguardia en España en cuanto a ensamblaje de semiconductores de alta frecuencia. Además, la empresa ha construido un ecosistema de colaboración con la **Universidad de Santiago y su centro CITIUS** (mediante la Cátedra Chip USC-Televés, financiada por el PERTE Chip) para impulsar la investigación en aplicaciones para computación en el borde, computación en memoria para IA, computación cuántica y chips de RF cubriendo aplicaciones como el 5G, el IoT, la fotónica o los elementos de memoria. En el área *fabless* se pretende generar una *spin-off* y explorar nuevas tecnologías y aplicaciones. La cátedra además pretende impulsar el talento con la creación de microcredenciales y nuevas titulaciones para cubrir necesidades del mercado, la industria y carencia de formación, y la realización de doctorados industriales.

Más allá de Televés, existen otras compañías nacionales con experiencia en empaquetado y electrónica avanzada (p. ej., en sectores como la defensa aeroespacial, donde empresas locales integran chips en sistemas complejos, o en automoción con módulos de potencia). **Estas capacidades industriales en PCB** (*printed circuit board* o placa de circuito impreso), **ensamblaje microelectrónico y testeo son elementos clave del back-end que España posee y que pueden ser ampliados para atender mayor volumen o mayor complejidad de dispositivos**. Aunque el país aún carece de una fábrica de semiconductores de nodo avanzado, la combinación de infraestructura de prototipado y *know-how* en encapsulado constituye una base

sobre la cual se pueden construir capacidades de fabricación más robustas en nichos específicos (por ejemplo, una posible línea de fabricación de semiconductores de potencia o de sensores MEMS, ámbitos donde la escala requerida es menor, y la inversión, más asequible que en nodos digitales de última generación).

### **OTRAS CAPACIDADES COMO PALANCA, LAS TELECOMUNICACIONES Y EL 6G**

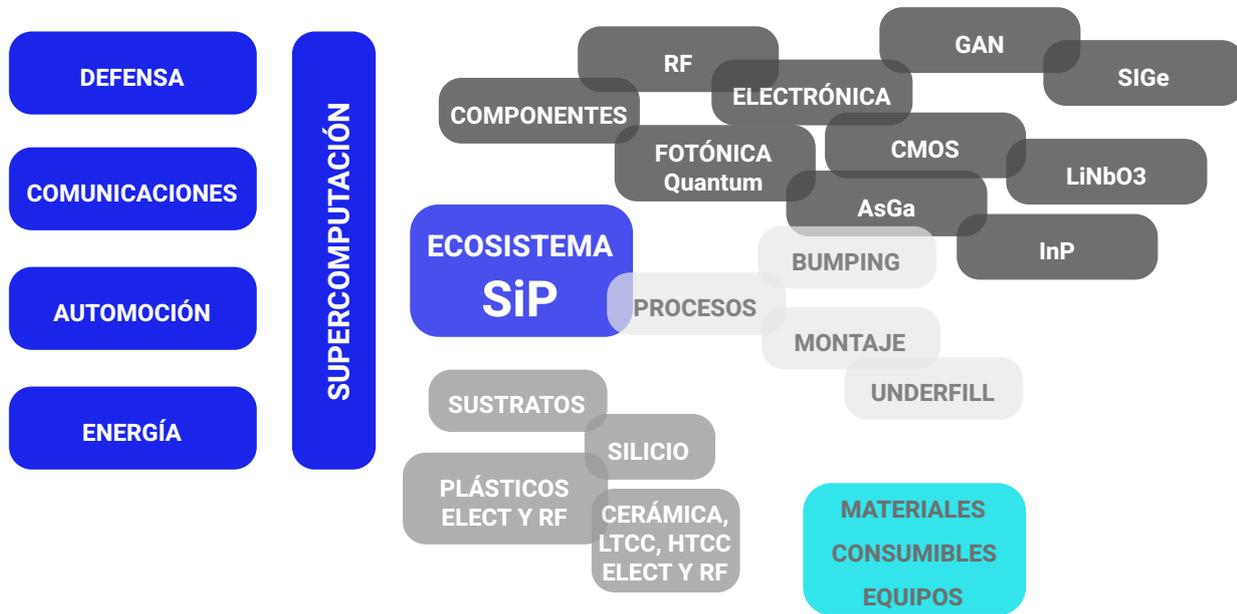
De forma similar a lo acontecido en el sector del automóvil en España, que ha generado un ecosistema de componentes muy relevante y sirve de anclaje para las empresas de fabricación, se propone en este caso utilizar otros sectores, como el de las **telecomunicaciones**, con gran fortaleza a nivel nacional y siendo líderes internacionalmente junto a Corea y Japón, como palanca para el sector de los semiconductores. El desarrollo de la IA, reconocimiento de voz y visión, muy ligada a los teléfonos móviles inteligentes, han sido tractores de la microelectrónica a nivel mundial.

**El despliegue futuro del 6G** y todos los servicios a distancia con él relacionados reforzará el mundo virtual y la realidad aumentada, los sensores de tacto y olfato y los chips especializados en visión. En España tenemos grandes especialistas en 5G/6G en **IMDEA Networks** y otros centros de investigación, así como empresas fabricantes de *routers* y productos inalámbricos, como por ejemplo **TEL DAT**. Contamos además con infraestructuras avanzadas en el ámbito de las telecomunicaciones, coordinadas dentro de la plataforma **SLICES-ESFRI europea, con nodos en la Comunidad de Madrid y el País Vasco**, y que van a ser fundamentales para obtener un retorno en proyectos dedicados a la tecnología 6G, mayor aún que con 5G, en el que liderábamos la investigación en Europa.

## **SECTORES NACIONALES TRACTORES DEL ECOSISTEMA DE SEMICONDUCTORES**

Los semiconductores forman parte de tecnologías habilitadoras transversales a múltiples sectores, entre ellos sectores tractores de la economía nacional desde el agroalimentario hasta el sector servicios, la energía, la salud o el turismo, ya que todos ellos se modernizan, innovan y automatizan y están en un momento de transformación digital intensa. Sin embargo, hay otros sectores industriales en los que, si cabe, la influencia de los semiconductores es aún más directa y de mayor impacto. Para ilustrarlos, sin ánimo de ser exhaustivos, expondremos **casos paradigmáticos de empresas del sector espacial, de defensa, de telecomunicaciones y de automoción que no solo son tractoras desde el punto de vista de la economía nacional, sino también desde el del ecosistema de microelectrónica y semiconductores. GMV, INDRA, Telefónica y Grupo Antolin** han compartido generosamente sus puntos de vista y actividades en relación con los semiconductores, permitiendo aterrizar ejemplos concretos y valiosos de dependencias tanto estratégicas como tácticas y dando lugar a una serie de recomendaciones basadas en su actividad y experiencia en su sector que trasladamos a la sección de propuestas de este informe. Dadas, además, las especificidades como sectores estratégicos de la defensa, el espacio, también hemos ahondado en algunas de las medidas que se impulsan desde nuestra Administración para transformar las políticas nacionales y europeas y las incorporamos al informe y a las propuestas. Como veremos a continuación, las fronteras entre espacio y defensa en muchas ocasiones son difusas y sus actividades, requisitos y necesidades solapan en gran medida, por lo que los tratamos conjuntamente.

**FIGURA 23.** Proyectos europeos e inversiones estratégicas



Fuente: *European Chips Act (2022)*

**SECTORES ESPACIAL Y DE DEFENSA**

**EL ESPACIO**

El sector espacial se encuentra en un momento de transformación marcado por la irrupción del **New Space**, con nuevos actores comerciales y constelaciones masivas, y por una renovada atención a la soberanía tecnológica en Europa. En este contexto, España busca identificar nichos y oportunidades estratégicas para **impulsar su industria espacial**, apoyándose en datos recientes del mercado europeo y en la necesidad de desarrollar tecnologías críticas como la microelectrónica espacial. De la mano de GMV analizamos las estadísticas clave del mercado espacial europeo, **la segmentación upstream/downstream**, las características y requisitos de la microelectrónica espacial, los desafíos en el desarrollo de chips y componentes, y la cadena de valor con prioridades nacionales para España.

**ESTADÍSTICAS CLAVE DEL MERCADO ESPACIAL EUROPEO**

El mercado espacial europeo representa una porción significativa, pero minoritaria, del mercado espacial global. Europa aporta aproximadamente un 20 % del mercado mundial en fabricación de satélites, lo que en 2024 equivalió a unos 11 000 millones de euros en valor de producción. Sin embargo, la actividad de **lanzamientos europeos es relativamente modesta** en comparación con otras potencias y en el periodo 2020-2024 se realizaron entre tres y siete lanzamientos espaciales al año desde Europa. Esto se traduce en un total de 70 a 120 satélites lanzados anualmente por Europa, cifra eclipsada por los más de dos mil satélites lanzados anualmente a nivel mundial en los últimos años. Esta diferencia claramente refleja el auge de las megaconstelaciones comerciales lideradas hasta ahora por actores internacionales fuera de Europa.

En cuanto al tipo de satélites, **Europa tradicionalmente ha centrado sus esfuerzos en plataformas de gran tamaño y altas prestaciones.** Más del 50 % de los satélites europeos lanzados superan la tonelada de masa, evidenciando que el foco de la producción se concentra en los satélites de gran tamaño (GEO, satélites científicos, etc.). Por otro lado, si clasificamos los satélites por su aplicación, alrededor del 40 % corresponden a comunicaciones, un 30 % a observación de la Tierra, 15 % a navegación, 10 % a misiones científicas y aproximadamente un 5 % a otros usos. Estas estadísticas destacan la importancia de los servicios de telecomunicaciones y observación en el panorama espacial europeo, seguidos por los programas de navegación (p. ej., Galileo en el caso europeo) y los proyectos científicos.

A nivel institucional, la prioridad estratégica europea en el espacio se orienta hacia lograr soberanía y autonomía en las capacidades espaciales. Organismos como **la Unión Europea (UE), la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Agencia de la UE para el Programa Espacial (EUSPA) han enfatizado las iniciativas para reducir dependencias externas y fortalecer la industria continental.** Esto abarca desde asegurar acceso independiente al espacio (lanzadores propios) hasta desarrollar tecnologías críticas (como sistemas de navegación europeos, comunicaciones gubernamentales seguras y componentes electrónicos estratégicos). Para España, que forma parte de estas entidades, este entorno supone tanto un respaldo como un llamamiento a alinear sus esfuerzos nacionales con la estrategia europea de autonomía en el sector espacial, y así se vienen observando como **factores positivos para el sector espacial español una mayor inversión nacional en la ESA y la creación de la Agencia Espacial Española.**

#### SEGMENTACIÓN DEL MERCADO ESPACIAL: UPSTREAM Y DOWNSTREAM

En la cadena de valor espacial se distinguen dos grandes segmentos: el segmento *upstream* (o segmento espacial) y el segmento *downstream* (servicios y usuarios finales). El **upstream** abarca todas las actividades relacionadas con el espacio en sí, incluyendo el diseño, fabricación y lanzamiento de satélites y otros vehículos, así como la provisión de servicios espaciales fundamentales. Aquí se incluyen tanto servicios comerciales (por ejemplo, el lanzamiento de satélites comerciales o la fabricación para operadores privados) como servicios públicos o gubernamentales ligados a infraestructuras espaciales básicas (las comunicaciones gubernamentales seguras, la navegación por satélite, la observación terrestre para seguridad, etc.). Una característica clave del *upstream* es **la diferencia entre el espacio tradicional y el New Space.** En el enfoque tradicional, pocas plataformas en órbitas altas (GEO/MEO) cubren amplias áreas, mientras que en el New Space se despliegan constelaciones numerosas en órbita baja (LEO). De hecho, los programas tradicionales tienden a lanzar pocos satélites en GEO/MEO, mientras las nuevas constelaciones en LEO implican cientos o miles de satélites por constelación. Esta proliferación de satélites pequeños en LEO, liderada por empresas como SpaceX o OneWeb, contrasta con la estrategia europea hasta la fecha, y abre oportunidades para nuevos proveedores y enfoques de bajo coste, incluso dentro de Europa.

Por su parte, el **downstream** se refiere a los servicios en tierra y al usuario final que aprovecha las señales o datos espaciales. Incluye los servicios masivos o de consumo (*mass market*), como la navegación por satélite para smartphones, los servicios de comunicaciones satelitales de banda ancha abiertos (p. ej., internet satelital tipo Starlink, o futuros servicios de 5G no-terrestre) y otros productos basados

en datos espaciales de acceso general. También abarca mercados de bajo volumen, principalmente usuarios institucionales, gubernamentales y de infraestructuras críticas, que emplean capacidades espaciales especializadas. Ejemplos de este segmento estratégico de nicho son las comunicaciones gubernamentales seguras (como el programa europeo Govsatcom y la futura constelación IRIS2 de la UE) o los servicios de navegación satelital robustos para usos militares y de seguridad (como el servicio público regulado PRS de Galileo, destinado a autoridades).

Es importante destacar que los mercados masivos (grandes volúmenes de dispositivos y usuarios) suelen poder satisfacerse con la cadena de suministro de microelectrónica convencional, apoyándose en componentes comerciales estándar desarrollados para la electrónica de consumo. En cambio, los mercados espaciales de bajo volumen y alta criticidad **requieren componentes a medida con especificaciones muy exigentes**. Por ello, el foco de interés para países como España está en esos nichos estratégicos tanto *upstream* como *downstream* de bajo volumen, donde existe una demanda de tecnologías especializadas no cubierta por el mercado general. **En dichos nichos, la competencia puede ser menor y la diferenciación tecnológica (por ejemplo, en seguridad o resiliencia) es clave, lo que abre una ventana para que la industria española desarrolle soluciones propias y gane cuota en segmentos de alto valor añadido.**

## LA DEFENSA

Como líder nacional en tecnologías de defensa, **INDRA** actúa como empresa tractora del ecosistema español de semiconductores. Su posición en sectores estratégicos de alta tecnología y su carácter dual, civil-militar, le permite actuar como palanca para desarrollar

capacidades nacionales en microelectrónica de forma coordinada con otros actores. INDRA tienen una capacidad en I+D muy significativa, reinvertiendo entre el 8 y el 10 % de los ingresos.

La oferta de INDRA abarca una amplia gama de soluciones en los ámbitos de la defensa y la seguridad. Sus desarrollos van desde sistemas radar avanzados para aplicaciones terrestres o espaciales (como el radar de Morón para basura espacial), navales, submarinas o aéreas y simuladores militares, hasta sistemas de guerra electrónica, comunicaciones tácticas y mando y control, además de tecnologías de seguridad como los sistemas antidrón.

Esa base tecnológica se extiende al sector espacial, donde INDRA desarrolla infraestructuras y servicios como estaciones terrestres, sistemas de navegación por satélite, centros de control de misión, cargas útiles satelitales, así como capacidades de vigilancia espacial y observación de la Tierra. Asimismo, INDRA impulsa las tecnologías digitales aplicadas a defensa y seguridad, incorporando disciplinas de nueva generación en sus soluciones (arquitecturas avanzadas, analítica de datos/IA, interfaces hombre-máquina inteligentes y ciberdefensa e hiperconectividad). Lidera el programa FCAS (Future Combat Air System), el avión de combate europeo que genera todo un sistema que comparte datos y está hiperconectado.

Aunque en los programas de defensa hay un **uso cada más más extendido de COTS**, en el campo de la microelectrónica y el empaquetado avanzado (*system in package*, SiP), INDRA cuenta con capacidades para desarrollar dispositivos de procesamiento digital de altas prestaciones con alto nivel de seguridad e integración, empleando tecnologías de encapsulado avanzado. Estos desarrollos incluyen nuevos algoritmos embebidos para funciones especializadas (por ejemplo, el digital *beamforming*) y la integración de *front-*

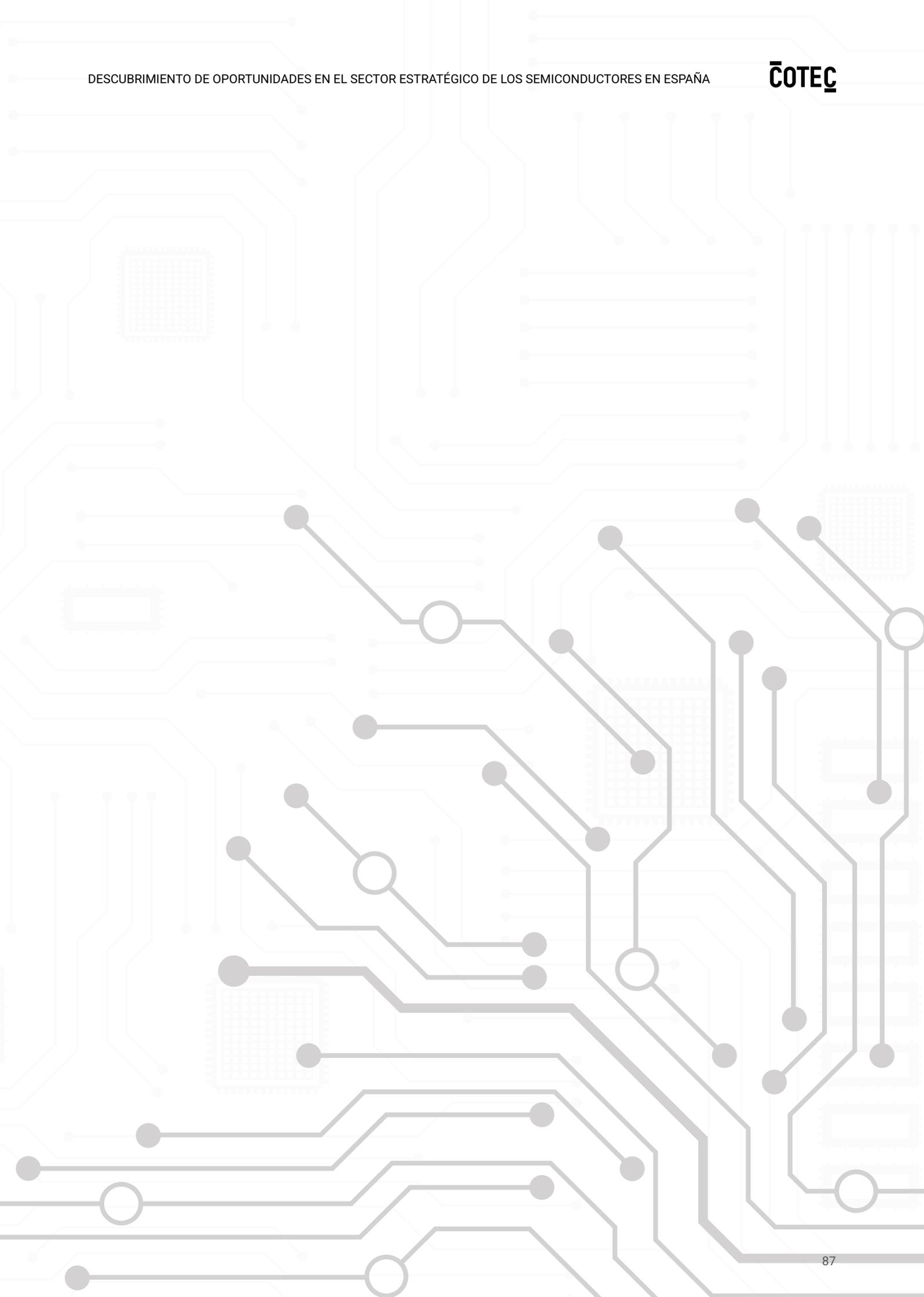
ends de «antena digital» con digitalización directa y procesamiento heterogéneo (p. ej., mediante módulos RF-SoC). En el ámbito de la radiofrecuencia y los radares de barrido electrónico activo (AESA), INDRA desarrolla componentes clave como antenas de banda ancha, matrices de módulos transmisor-receptor (TRM) compactos de alta eficiencia y amplificadores de potencia de estado sólido basados en tecnología de nitruro de galio (GaN). La compañía domina el diseño de circuitos integrados monolíticos de microondas (MMIC) en diversos semiconductores (GaN, GaAs, RF-CMOS), así como de los subsistemas asociados (p. ej., los amplificadores de bajo ruido o LNA, los amplificadores de potencia o HPA y los filtros), críticos para sistemas avanzados de radar, comunicaciones y defensa electrónica.

**Además de la electrónica RF, INDRA explora tecnologías disruptivas en fotónica y cuántica.**

En el área de la fotónica, trabaja en sensores de nueva generación (como sensores infrarrojos) y circuitos fotónicos integrados (PIC) aplicados a radar y guerra electrónica, abriendo la puerta a arquitecturas innovadoras y en el ámbito cuántico, desarrolla sensores de amplio espectro para inteligencia de señales (ESM/ELINT) y promueve tecnologías de comunicaciones cuánticas seguras (QKD), computación y algoritmia poscuántica.

En defensa, los programas europeos son de largo alcance y se planifican para ser desarrollados en diez, veinte, treinta o cuarenta años, dependiendo de las tecnologías. Como ya se ha avanzado en este informe, **el sector de la defensa es de tiradas pequeñas pero estratégico, porque es muy crítico para la seguridad nacional tener bien controlado el acceso a las tecnologías de defensa y seguridad.** Un aspecto que dificulta su actividad es la marca **ITAR** de EE. UU., que limita el mercado y el acceso a los componentes. Por ello, es muy relevante en este sector definir muy bien las estrategias tecnológicas a largo plazo, trabajar en TRL bajos en conjunto con un ecosistema de I+D y emprendimiento nacional, aunque, hoy en día, es inevitable tener que buscar fuera el acceso a la fabricación de series cortas o las *pilot lines* europeas. Dentro de su departamento de Investigación y Tecnología, mantienen un observatorio de tecnologías emergentes disruptivas para ayudar a la priorización de inversiones y líneas de transferencia de tecnología en un ejercicio de inteligencia tecnológica.

En este sentido, INDRA y la UPM tienen en marcha una de las Cátedras Chip financiadas por el PERTE Chip, impulsando formación, doctorados industriales y líneas de investigación en RISC-V, ASIC, materiales III-V tanto de *gap* ancho como estrecho y fotónica integrada.



## MICROELECTRÓNICA ESPACIAL Y MILITAR: CARACTERÍSTICAS Y REQUISITOS

La microelectrónica espacial y militar se refiere a los componentes y circuitos electrónicos diseñados para aplicaciones espaciales, ya sea a bordo de satélites y vehículos (*upstream*) o en sistemas críticos en tierra que interactúan con el espacio (*downstream*), o bien para aplicaciones de defensa.

En el segmento espacial la electrónica a bordo de satélites, de lanzadores y naves debe cumplir **requisitos extremadamente estrictos**. Se requiere el uso de **semiconductores altamente miniaturizados y tolerantes a la radiación**, ya que en el entorno espacial los componentes están expuestos a radiación ionizante que puede provocar fallos. La **fiabilidad** es primordial y los satélites suelen tener que operar por años o décadas sin posibilidad de reparación, por lo que sus chips han de ser robustos y de **larga vida útil**.

Asimismo, es crucial maximizar la **eficiencia y la capacidad de procesamiento** manteniendo un bajo consumo energético, debido a las limitaciones de potencia y la necesidad de reducir masa a bordo de los sistemas espaciales o militares. Otro rasgo es la búsqueda de la **reducción de peso y consumo**, lo que impulsa la integración de sistemas en chips más compactos. El uso de componentes **COTS** (*commercial off-the-shelf*), es decir, componentes electrónicos comerciales estándar, ha sido tradicionalmente raro en la electrónica de vuelo espacial, precisamente por no cumplir las garantías de radiación y fiabilidad requeridas. Solo en ciertos casos recientes de satélites en órbita LEO se están introduciendo COTS con medidas de mitigación de radiación (por ejemplo, procesadores ARM comerciales acompañados de circuitos de corrección de errores para tolerar fallos). Esto forma parte de **la filosofía del New Space para reducir costes**, aunque conlleva riesgos controlados. Adicionalmente, el *upstream*

espacial demanda innovación continua en áreas como las nuevas tecnologías de encapsulado de chips, los dispositivos reconfigurables (p. ej., FPGA o sistemas capaces de adaptarse tras el lanzamiento) y los componentes de ultrabajo consumo, para que puedan habilitar funcionalidades avanzadas sin penalizar los escasos recursos a bordo.

**En infraestructuras críticas y servicios gubernamentales**, la microelectrónica que soporta aplicaciones espaciales estratégicas en tierra (o en plataformas aéreas) también presenta requisitos particulares. Estos sectores, al ser **de bajo volumen de mercado, pero alta criticidad, requieren una disponibilidad extrema y gran resiliencia** en sus sistemas electrónicos. Por ejemplo, los centros de control satelital, las terminales gubernamentales de comunicaciones seguras o los receptores militares de navegación deben funcionar de forma ininterrumpida y segura incluso bajo intentos de interferencia o en situaciones de emergencia. A menudo, deben combinar múltiples señales o tecnologías (multiconstelación, comunicaciones redundantes) para asegurar el servicio. En este ámbito del *downstream* estratégico, hay escasez de componentes COTS adecuados, porque las aplicaciones demandan diseños con requisitos muy específicos de seguridad y fiabilidad que la electrónica comercial general no siempre ofrece. Entre las características clave que se exigen a la microelectrónica destinada a estos sistemas están la baja potencia (muchos equipos pueden ser móviles o depender de un suministro limitado), la alta fiabilidad (tolerancia a fallos y larga vida) y una seguridad elevada, incluyendo protección contra ciberataques y sabotaje electromagnético. **Los dispositivos deben ser resistentes a técnicas de interferencia deliberada (*jamming*) o suplantación de señal (*spoofing*) en comunicaciones y navegación**. Además, las necesidades crecientes de cifrado avanzado y computación segura impulsan

desarrollos especializados, considerando tecnologías emergentes como la computación y criptografía cuántica, así como la aplicación de inteligencia artificial para gestión de comunicaciones y detección de anomalías. En resumen, tanto en el espacio como en tierra, la microelectrónica aplicada al sector espacial conlleva exigencias de rendimiento y confiabilidad muy superiores a las de los entornos comerciales convencionales, lo que justifica una atención especial para desarrollar componentes propios que satisfagan estas condiciones.

#### DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN EL DESARROLLO DE CHIPS Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS ESPACIALES Y MILITARES

El desarrollo y producción de microelectrónica para uso espacial enfrenta diversos desafíos técnicos y estratégicos que deben abordarse para fortalecer el sector en España. Entre los **principales desafíos** identificados se encuentran:

- **El bajo volumen y los costes elevados:** A diferencia de la electrónica de consumo, los componentes espaciales y militares suelen fabricarse en volúmenes muy reducidos, a menudo diseñados *ad hoc* para cada misión. Esto conduce a costes unitarios muy altos y dificulta la escalabilidad económica de su producción. La falta de economías de escala puede desincentivar la inversión en nuevos diseños de chips espaciales y es un obstáculo para la competitividad, especialmente para empresas emergentes o países con recursos limitados. Superar este reto implica explorar fórmulas de reutilización de diseños, estándares modulares o incluso el aprovechamiento controlado de componentes comerciales para ciertas aplicaciones, equilibrando coste y fiabilidad.
- **La fiabilidad y la resiliencia en entornos hostiles:** Los equipos electrónicos espaciales deben operar en condiciones extremas en vacío, con temperaturas extremas, soportando altas vibraciones en el lanzamiento y también una intensa radiación cósmica durante su operación. Es necesario utilizar dispositivos endurecidos contra radiación (*rad-hard*) capaces de soportar dosis elevadas sin fallar, así como materiales especiales y blindajes. También se necesitan dispositivos robustos y fiables en aplicaciones de defensa. Garantizar la alta fiabilidad y resiliencia significa que los diseños deben ser intrínsecamente robustos. La redundancia es otro requisito común, de manera que las funciones críticas se duplican para tolerar averías. Asimismo, dado que la reparación *in situ* es inviable en muchos casos, se buscan arquitecturas con mantenimiento cero y posibilidad de actualizaciones remotas de *software* que prolonguen la vida útil y la capacidad del sistema. Estos desafíos técnicos encarecen y complican el desarrollo, requiriendo un alto nivel de ingeniería e innovación por parte de la industria.
- **La seguridad y la ciberprotección:** En misiones espaciales gubernamentales o de seguridad nacional, la dimensión de seguridad es crítica. Los sistemas deben ser resistentes a interferencias electromagnéticas deliberadas o accidentales y a intentos de sabotaje. La ciberseguridad cobra protagonismo para proteger tanto el segmento espacial como las comunicaciones y los datos transmitidos. Se demanda *hardware* con capacidad de cifrado avanzado, autenticación robusta y protección contra intrusiones. Un desafío particular es dotar a los componentes de reconfigurabilidad dinámica, de forma que puedan adaptar sus protocolos, frecuencias o algoritmos de cifrado para contrarrestar nuevas amenazas o condiciones cambiantes. Al mismo tiempo, los sistemas deben entregar un alto rendimiento de procesamiento (p. ej.,

para cifrar/descifrar en tiempo real o procesar grandes volúmenes de datos provenientes de sensores) manteniendo la eficiencia energética, lo cual supone equilibrar objetivos a veces contrapuestos. Combinar seguridad y rendimiento es un reto que requiere diseños especializados y, frecuentemente, componentes dedicados (como módulos criptográficos *hardware* certificados).

- **La soberanía tecnológica y la cadena de suministro:** Dada la relevancia estratégica del sector espacial y de defensa, asegurar la soberanía tecnológica se ha vuelto un objetivo central. Esto implica controlar la cadena de suministro de componentes críticos para garantizar su disponibilidad en todo momento y evitar vulnerabilidades. Actualmente, la industria europea (y por ende la española) depende en gran medida de componentes semiconductores importados de potencias externas, lo que conlleva riesgos de interrupción o restricciones de uso. El desafío es reducir las dependencias externas en semiconductores estratégicos, desarrollando fuentes alternativas confiables. Para España, esto significa fomentar capacidades nacionales (o comunitarias europeas) en el diseño y fabricación de chips dedicados al espacio o a la defensa, de modo que, en caso de tensiones geopolíticas o limitaciones de exportación, las misiones críticas no se vean comprometidas. La soberanía también pasa por formar personal altamente cualificado y proteger la propiedad intelectual de diseños clave. Si bien lograr la autosuficiencia completa es difícil, aumentar el peso de proveedores locales en la cadena de valor espacial y militar refuerza la posición negociadora y la seguridad a largo plazo del país en estos ámbitos.

**Para capitalizar las oportunidades y enfrentar los desafíos mencionados, resulta esencial desarrollar una visión de la cadena de valor**

**de la microelectrónica espacial y de defensa donde España identifique prioridades nacionales claras.** La inversión estratégica en cada eslabón, desde la capacidad de fabricar y diseñar chips hasta la integración de sistemas completos, crea sinergias que pueden traducirse en ventaja competitiva para la industria española en nichos de alta tecnología espacial y militar. En conjunto, las necesidades nacionales en la cadena de valor delinean una hoja de ruta para que España alcance mayor autonomía y protagonismo en los sectores espacial y de defensa.

#### ESTRATEGIA NACIONAL ANTE EL USO DE COTS EN EL SECTOR ESPACIAL Y DE DEFENSA

**La Subdirección General de Política y Estrategia Aeroespacial del MICIU** ha identificado que el uso de componentes comerciales disponibles en el mercado (COTS) en el sector espacial y de defensa es una tendencia creciente e inevitable, y están trabajando para **impulsar una estrategia europea para abordarla de forma segura y eficaz.**

**La industria militar estadounidense** ha evolucionado hacia la incorporación masiva de COTS, especialmente en su vertiente más comercial, como vía para acelerar la innovación y reducir los plazos de despliegue. Su Departamento de Defensa se ha planteado abandonar la obligatoriedad del uso de chips diseñados a medida en favor del uso de COTS seguros y validados. De igual manera, en sectores como el espacial, la NASA viene impulsando desde 2015 un sistema de compartición de infraestructuras para ensayar y cualificar componentes orbitales, compartiendo información sobre ensayos ambientales, radiación, envejecimiento y fiabilidad en más de un 80 % (a excepción de los utilizados en aplicación para el espacio profundo). Esta

estrategia ha permitido reducir el monopolio de los componentes a medida, sin comprometer los niveles de fiabilidad exigidos.

**A nivel nacional**, Telefónica decidió ya hace años abandonar el diseño propio de semiconductores para sus redes de telecomunicaciones apostando plenamente por COTS. Esta decisión respondió a una presión de demanda masiva (CapEx superior a 5000 millones de euros anuales), la necesidad de escalar con rapidez y una inversión sostenida en infraestructuras de red. La evolución del sector de telecomunicaciones ilustra la transición hacia una economía digital basada en componentes comerciales, lo que implica nuevas oportunidades de especialización industrial y una reformulación de las capacidades nacionales.

**La adopción de componentes COTS en sistemas espaciales y de defensa en Europa es ya ineludible, debido a la rápida evolución tecnológica y a que pocos proyectos pueden permitirse diseños 100 % a medida con cadenas de suministro total o parcialmente controladas por terceras partes.** En consecuencia, el riesgo asociado al uso de COTS está aumentando y debe reevaluarse la mitigación de esos riesgos, actualizando los estándares de aseguramiento de producto para contemplar componentes comerciales. Resulta crucial adaptar las prácticas de calidad y fiabilidad para integrar estos componentes sin comprometer la seguridad ni la soberanía tecnológica.

Para ello, las instituciones europeas deben desempeñar un papel activo facilitando alianzas estratégicas en torno a los COTS, tanto entre agencias y empresas del sector espacial como con otros sectores industriales. **Es fundamental tratar a los COTS como habilitadores de innovación y competitividad, y no como un obstáculo estratégico o comercial. Para ello, se propone derribar barreras culturales y**

**promover la fertilización cruzada tecnológica con ámbitos como el industrial, automotriz o militar**, identificando componentes fiables desarrollados fuera del sector espacial o militar (análogamente a como la industria farmacéutica busca compuestos en la naturaleza). Esta colaboración ampliada permitiría aumentar la base de proveedores y soluciones disponibles, fortaleciendo la resiliencia tecnológica del sector aeroespacial y de defensa.

Actualmente, el conocimiento sobre la fiabilidad y el desempeño de componentes COTS se encuentra fragmentado en distintas organizaciones (una suerte de «Edad Media» caracterizada por el conocimiento aislado). **La estrategia nacional propone transitar hacia un «Renacimiento» de los COTS, construyendo repositorios abiertos y compartidos de información técnica y operativa.** Esto implicaría que organismos públicos, industrias y centros de investigación colaboren en una plataforma común donde se compile y actualice regularmente la experiencia con COTS (datos de rendimiento, pruebas de radiación, fallos conocidos, medidas de mitigación, etc.) invirtiendo ciertos recursos en probar los componentes, para que Europa pueda competir con el dinamismo de Estados Unidos. Un sistema de conocimiento compartido de este tipo incrementaría la confianza en el uso de COTS al facilitar el acceso a lecciones aprendidas y buenas prácticas a toda la comunidad aeroespacial.

Las instituciones europeas están en la posición de liderar esta evolución en nuestro continente, fomentando el New Space y la defensa a través de COTS, para no quedarse atrás tecnológicamente. Tomar como referencia la estrategia de la NASA implicaría adoptar políticas que incentiven el uso seguro de COTS, adaptándolas a las particularidades europeas (por ejemplo, garantizando el cumplimiento de requisitos críticos y reduciendo la dependencia de suministros externos).

No obstante, Entre los desafíos señalados se encuentran los problemas de fiabilidad a largo plazo, las vulnerabilidades frente a ataques o espionaje, y las dependencias tecnológicas en componentes críticos (por ejemplo, en materiales como el nitruro de galio, para antenas activas y electrónica de potencia, identificado como un nicho estratégico para España y Europa, y cuyas capacidades de producción europea acaparan en gran medida los consorcios Thales y Leonardo). En este sentido, se subrayó la necesidad de articular un ecosistema europeo robusto en tecnologías clave, mediante inversiones en capacidades locales y estrategias de autonomía estratégica.

En paralelo, **se identificaron oportunidades para establecer un observatorio europeo de tecnologías críticas**, en coordinación con iniciativas como el programa francés de vigilancia tecnológica o el enfoque alemán en tecnologías de uso dual. Este observatorio debería alimentar al sistema europeo de defensa y espacio con alertas tempranas, análisis de riesgos tecnológicos y propuestas de gobernanza compartida.

## LAS TELECOMUNICACIONES

El **sector de las telecomunicaciones**, y en España, Telefónica, como primer operador nacional y líder internacional en infraestructuras de las telecomunicaciones, ha sido históricamente gran beneficiario del desarrollo de los semiconductores, cuya revolución ha posibilitado la expansión de internet, la mejora en la eficiencia de las redes y la aparición de nuevos modelos de negocio digitales. La transformación tecnológica de las infraestructuras de red y servicios, junto con la demanda creciente impulsada por la conectividad y los dispositivos, está directamente ligada al progreso de la microelectrónica y, más recientemente, a la evolución de la fotónica integrada.

## EVOLUCIÓN HACIA REDES ABIERTAS Y DESAGREGADAS

El modelo actual de evolución en el sector telco está marcado por la presión competitiva, la regulación procompetencia y la liberalización del sector, así como la necesidad de ganar eficiencia a gran escala. Esto ha dado lugar a una **transformación profunda en las arquitecturas de red, basada en la desagregación del hardware y el software y la adopción de redes abiertas, tanto en redes IP como en redes ópticas**. La desagregación implica reemplazar equipos propietarios monolíticos por **soluciones modulares de hardware comercial**, lo que permite a los operadores mayor flexibilidad, menores costes y mayor interoperabilidad tecnológica basando su uso de dispositivos en soluciones COTS, desde hace años.

En las redes IP, esta tendencia se ha visto acelerada por los requerimientos de los grandes centros de datos, que incluso han promovido el desarrollo de nuevos chipsets comerciales con capacidades específicas para telecomunicaciones.

En las redes ópticas, los retos son distintos debido a su proximidad con la capa física de transmisión. La desagregación en este ámbito es más reciente y parcial, pero igualmente relevante. El sector se encuentra en una fase de transición hacia una arquitectura en la que los componentes ópticos enchufables (por ejemplo, transceptores coherentes) integran cada vez más funciones en menos espacio, con menor consumo y mayor capacidad.

## FOTÓNICA INTEGRADA Y SU IMPACTO MULTISECTORIAL

**La fotónica integrada**, especialmente a través de los circuitos fotónicos integrados (PIC), está llamada a desempeñar un papel transformador.

Estos circuitos permiten procesar señales ópticas con menor coste y mayor eficiencia, y ya se incorporan en productos comerciales como transceptores enchufables de hasta 800 Gbps. La fotónica de silicio (*silicon photonics*) representa una evolución clave en este ámbito, y no solo tendrá un impacto decisivo en las telecomunicaciones, sino también en sectores como defensa, computación de alto rendimiento y sensores.

La convergencia de las redes IP y ópticas, habilitada por estos avances, se encuentra en sus primeras etapas, pero promete ser uno de los ejes vertebradores del futuro ecosistema de infraestructuras digitales. Esta convergencia permitirá sistemas más compactos, eficientes y versátiles, capaces de responder a las demandas de redes 5G, *edge computing* y comunicaciones seguras.

#### LIMITACIONES ESTRUCTURALES Y OPORTUNIDADES PARA EUROPA Y ESPAÑA EN SEMICONDUCTORES PARA EL SECTOR DE LAS TELECOMUNICACIONES

**El sector telco europeo ha perdido liderazgo tecnológico en muchos ámbitos clave**, aunque algún experto como Ruben Schaubroeck de McKinsey ha apuntado recientemente a la oportunidad de impulso de este sector europeo en el liderazgo mundial. Durante las últimas dos décadas, tanto la producción como las fuentes de innovación en semiconductores se han concentrado en Asia y Estados Unidos, lo que **ha reducido la capacidad de Europa** para influir en las decisiones tecnológicas globales, que a su vez repercutió en un gran esfuerzo para mantener el nivel de servicio durante el COVID.

En este contexto, se han identificado varias **oportunidades estratégicas** para Europa y España relacionadas con el diseño de semiconductores, apalancando el talento europeo en ingeniería y microelectrónica y con el

desarrollo de la fotónica integrada, aprovechando la capacidad científica acumulada en España y la tradición de innovación en sectores como óptica y sensórica. El impulso a la fotónica en nuestro país puede además apalancarse en sectores clave y estratégicos, como automoción o defensa, con alta capacidad industrial o relevancia geopolítica.

También central en este esfuerzo es la **consolidación de ecosistemas de innovación colaborativos, en los que empresas tecnológicas, universidades y centros de investigación generen propiedad intelectual europea en campos emergentes.**

No obstante, también se reconoce una **limitación estructural**: las operadoras telco europeas carecen actualmente de la capacidad para actuar como tractoras industriales por sí solas. A diferencia de los hiperescaladores globales, que integran verticalmente diseño, fabricación y explotación tecnológica, los operadores europeos dependen de fabricantes externos, lo que limita su impacto sobre la cadena de valor de semiconductores y sistemas ópticos, a lo que se añade la sobrerregulación del sector en Europa.

#### LA AUTOMOCIÓN

En conjunto, **el sector de automoción** puede jugar un papel protagonista en el impulso del ecosistema español de semiconductores, ya que es el segundo en Europa y ocupa habitualmente el 8.º o 9.º puesto de producción a nivel global. Los elementos centrales de esta oportunidad son, por tanto, aprovechar la masa crítica de la industria automotriz nacional, garantizar un suministro fiable mediante producción local y alinear la estrategia con la transformación tecnológica (electrificación, vehículo conectado). De este modo, España podría posicionarse estratégicamente en la cadena de valor global de semiconductores, incrementando su autonomía tecnológica y competitividad industrial.

Como ejemplo paradigmático presentamos la actividad de Antolin, que es una empresa multinacional española líder en el sector de interiores de automóvil. La compañía cuenta con presencia industrial en más de veinticinco países y un equipo de decenas de miles de profesionales, con una facturación anual del orden de 4500 millones de euros. Antolin se caracteriza por abarcar todos los procesos del ciclo de vida de sus productos, desde la concepción y el diseño hasta la fabricación y entrega al cliente, operando como un proveedor integral. Sus áreas de negocio tradicionales se centran en sistemas de interior para vehículos (interiores de techo, paneles de puerta y guarnecidos, cuadros de instrumentos y consolas centrales, así como otros componentes modulares). Gracias a esta amplia cartera de productos, Antolin suministra a la mayoría de los fabricantes de automóviles a nivel mundial, llegando a equipar numerosos modelos de gran volumen de ventas.

Su actividad se ha extendido muy exitosamente a nivel internacional y se prevé que su Área de Soluciones Tecnológicas tenga un mayor crecimiento en los próximos años, arrastrada por la **demandas de soluciones** para:

- **Sistemas de iluminación avanzada:** Incluye la iluminación ambiente interior, los elementos decorativos iluminados e incluso la iluminación exterior integrada en componentes, aprovechando la experiencia de Antolin en tecnología led. Estas soluciones permiten personalizar el habitáculo y mejorar la seguridad y el confort visual.
- **Interfaces humano-máquina (HMI) innovadoras:** Incluyen el desarrollo de superficies de interacción y control dentro del vehículo, como paneles táctiles inteligentes (*smart touch*) y pantallas integradas en elementos del interior. Estas interfaces hombre-máquina facilitan la conectividad y la

personalización de la experiencia del usuario en cabina.

- **Electrónica de confort y conectividad:** Demanda de unidades electrónicas para funciones de confort (p. ej., unidades de control centralizadas, actuadores y sistemas de acceso sin llave) y módulos de conectividad inalámbrica para el vehículo conectado. Estas soluciones electrónicas mejoran la funcionalidad interior y habilitan servicios digitales dentro del automóvil.
- **Interiores inteligentes integrados:** Combinación de las tecnologías anteriores en sistemas de interior cohesivos que aportan un alto valor añadido. Antolin ofrece a los fabricantes una gama integrada e innovadora de soluciones personalizadas para el habitáculo, lo que proporciona una importante ventaja competitiva. Esta integración de iluminación, HMI y electrónica en los interiores posiciona a la empresa ante oportunidades de mercado de alto crecimiento.

La creciente adopción de sistemas electrónicos en los productos de Antolin se traduce en la demanda de un volumen significativo de componentes semiconductores. Entre las principales familias de componentes utilizados por Antolin y su previsión de consumo anual para 2030 se encuentran los leds (diodos emisores de luz, 1000 millones de piezas/año), los *drivers* de leds (300 millones de piezas/año), los microcontroladores (30 millones de unidades/año), los *transceivers* de comunicaciones (20 millones de unidades/año), los controladores DC-DC (con 15 millones de unidades/año), los reguladores de tensión (5 millones de unidades/año) y los transistores (300 millones de unidades/año). Estas cifras ilustran la magnitud de la demanda de semiconductores de un único proveedor de componentes de automoción como Antolin de cara a 2030, con miles de

millones de dispositivos electrónicos necesarios anualmente (especialmente leds y transistores) para sus sistemas de iluminación y módulos electrónicos.

## DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN LA CADENA DE SUMINISTRO DE SEMICONDUCTORES PARA AUTOMOCIÓN

El ecosistema actual de semiconductores presenta importantes desafíos para la industria de la automoción y sus proveedores. Se han identificado varios **problemas recientes** en la cadena de suministro, así como retos estratégicos que abordar:

- **La fragilidad de la cadena de suministro:** Se han producido roturas e interrupciones en el suministro por diversos motivos imprevisibles (eventos de fuerza mayor, disputas laborales, huelgas, etc.), obligando incluso a cambios de proveedor motivados por tensiones geopolíticas. Además, los extensos plazos de entrega han forzado modificaciones de diseño sobre la marcha, e incluso a discontinuar el suministro de ciertos componentes debido a cambios estratégicos de los fabricantes de chips.
- **La necesidad de fuentes alternativas:** Uno de los desafíos clave es asegurar segundas fuentes de suministro tanto en procesos *front-end* como *back-end* de fabricación de semiconductores. Contar con proveedores alternativos mitigaría el riesgo de desabastecimiento ante contingencias, pero lograrlo requiere inversión y acuerdos a largo plazo, en un entorno dominado por pocos fabricantes.
- **Limitaciones por escala de la demanda:** En situaciones de alta demanda o restricción de capacidad productiva, los proveedores de tamaño mediano poseen un volumen de

compra relativamente reducido comparado con el de sus clientes (los grandes OEM) y con los principales actores del mercado global de semiconductores. Este menor poder de compra dificulta la negociación de prioridades de suministro, exponiendo a las empresas a mayores riesgos de escasez.

A pesar de los desafíos mencionados, existen **oportunidades estratégicas importantes para fortalecer el ecosistema de semiconductores en España apalancándose en el sector de automoción, empezando por la ventaja logística debido a la gran industria productora local**. España alberga a grandes fabricantes de automóviles (por ejemplo, plantas de Renault, Stellantis, Grupo Volkswagen), lo que supone un volumen de demanda local significativo. Esta concentración geográfica de OEM ofrece la oportunidad de desarrollar una logística de suministro de semiconductores más eficiente y cercana al cliente final.

Por otra parte, **las crecientes incertidumbres geopolíticas** resaltan el valor de fabricar componentes clave en España para abastecer tanto al mercado nacional como al global. Una capacidad de producción local de semiconductores para automoción incrementaría la resiliencia de la cadena de suministro europea, reduciendo la dependencia de regiones con riesgos geopolíticos.

Sin lugar a duda, la creciente digitalización, electrificación y conexión del automóvil, así como el desarrollo del vehículo autónomo, son tendencias de impacto en el desarrollo de la electrónica en automoción que implican un aumento sostenido de la demanda de chips en el sector. España, con su importante base industrial automotriz, puede capitalizar esta transición tecnológica atrayendo inversiones en infraestructura de producción de semiconductores orientada a la movilidad eléctrica, conectada y autónoma.

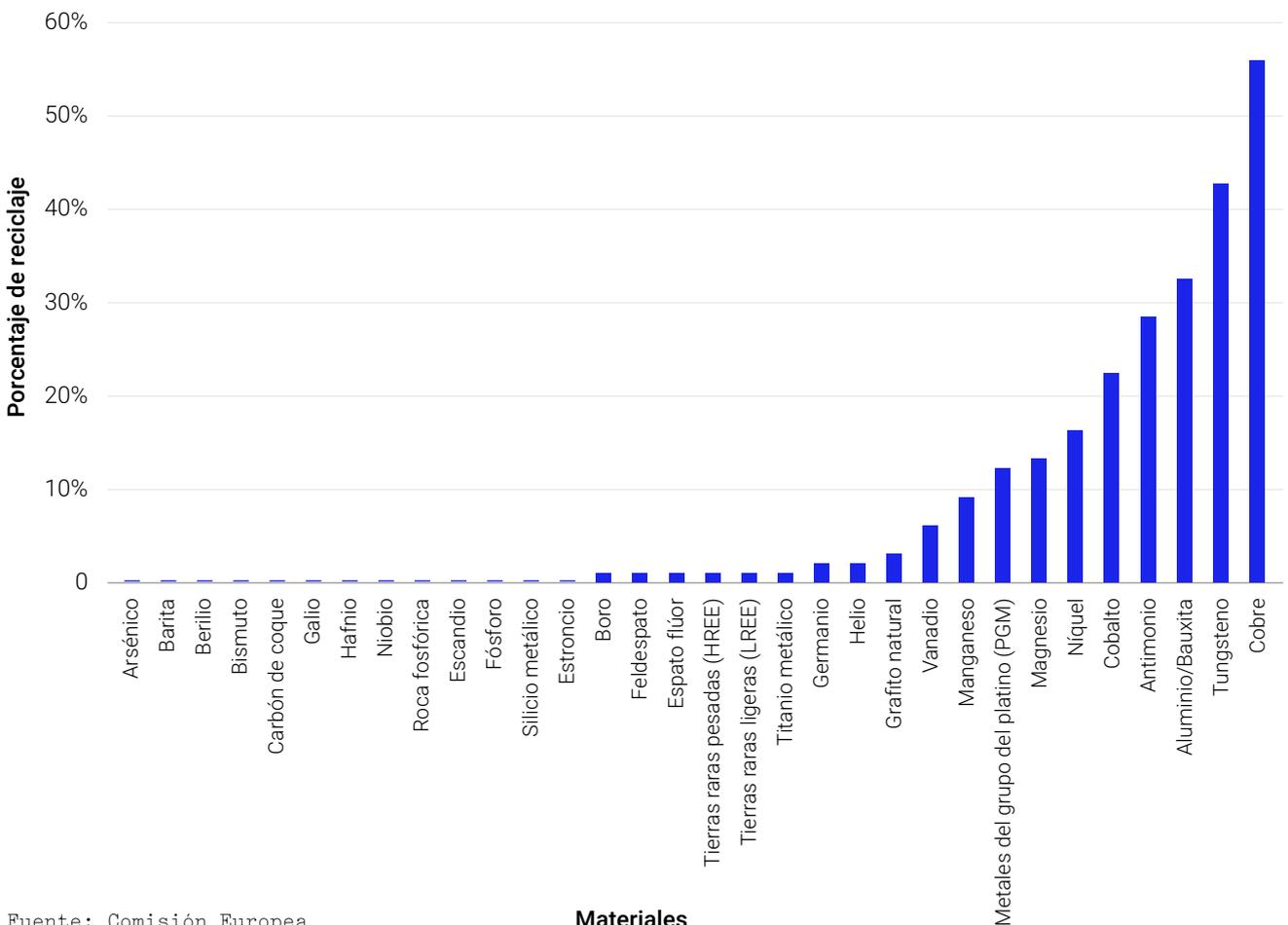
Finalmente, la posición de España y su ecosistema industrial permiten considerarla como un **hub para centros de ensamblaje, pruebas y distribución de semiconductores**. Implantar instalaciones de *back-end* (encapsulado y testeo) e incluso centros logísticos especializados en semiconductores cerca de los polos automovilísticos españoles mejoraría la disponibilidad de componentes y podría dar servicio a Europa y otras regiones cercanas.

## MATERIAS PRIMAS Y SOSTENIBILIDAD. NICHOS DE OPORTUNIDAD CRECIENTE

### MATERIAS PRIMAS EN ESPAÑA

El desarrollo sostenible de la industria de los semiconductores en Europa y España exige no solo capacidad de diseño y fabricación de chips, sino también un **acceso seguro y estratégico a las materias primas críticas (MPC)** necesarias para su producción. Este suministro, fundamental para la autonomía tecnológica europea, se ve amenazado por múltiples factores como

**FIGURA 24.** Tasa de Reciclaje de Materias Primas Críticas al Final de su Vida Útil en la UE (%)



Fuente: Comisión Europea

la concentración geográfica de la extracción, el bajo reciclaje, la dependencia exterior y los riesgos geopolíticos, de los que este informe ya se ha hecho eco. A través de la aportación del IGME-CSIC y del proyecto START, así como de las nuevas políticas nacionales en minería y los proyectos estratégicos reconocidos por la UE, se esboza una visión coherente de cómo avanzar hacia un ecosistema resiliente de recursos minerales para la microelectrónica (Figura 24), con un cierto papel para España.

**España ha tenido y aún conserva ciertas capacidades mineras, que hoy en día es una industria muy tecnológica y más limpia,**

**bien distinta de la imagen que la percepción ciudadana conserva de tiempos pretéritos.**

La **minería española** produce actualmente solo cuatro materias primas fundamentales: el espato-flúor (fluorita), la celestina (estroncio), el wolframio (recuperado en el siglo XXI) y el tántalo. A partir del análisis cartográfico y de los estudios geológicos disponibles, se identifican varias zonas en territorio nacional con presencia significativa de elementos de tierras raras (REE, por sus siglas en inglés), principalmente ligeras, así como otros elementos críticos asociados. En la Figura 25, se detallan las áreas más relevantes:

**FIGURA 25.** Minerales y elementos de interés presentes en España

ZONA	COMUNIDAD AUTÓNOMA	ELEMENTOS O MINERALES PRESENTES	OBSERVACIONES
Campo de Montiel (Ciudad Real)	Castilla-La Mancha	Monacita con neodimio (Nd), lantano (La), cerio (Ce)	Área mejor caracterizada; se han realizado campañas de exploración avanzada.
Sierra de Galiñeiro (Pontevedra)	Galicia	Presencia de tierras raras ligeras, probablemente asociadas a rocas alcalinas	Zona con potencial geológico, aunque limitada información pública detallada.
Rambla de las Granatillas (Almería)	Andalucía	Indicadores de tierras raras asociadas a rocas ígneas y minerales pesados	Estudios preliminares en curso por parte del IGME.
Complejo basal de Fuerteventura (Las Palmas)	Canarias	Presencia de REE asociadas a complejos máficos y ultramáficos	Interés adicional por níquel y cobalto en el mismo contexto geológico.
Domo del Tormes (Salamanca-Zamora)	Castilla y León	Lantano (La) y cerio (Ce) en proporciones significativas	Presencia en forma de depósitos aluviales o zonas enriquecidas en arcillas.
Depósitos submarinos (Golfo de Cádiz, Banco de Galicia, Monte Tropic)	Zonas marinas	Mezclas de tierras raras (ligeras y pesadas), cobalto, telurio, escandio, níquel	Explorados por el IGME-CSIC como parte de estudios geológicos estratégicos.

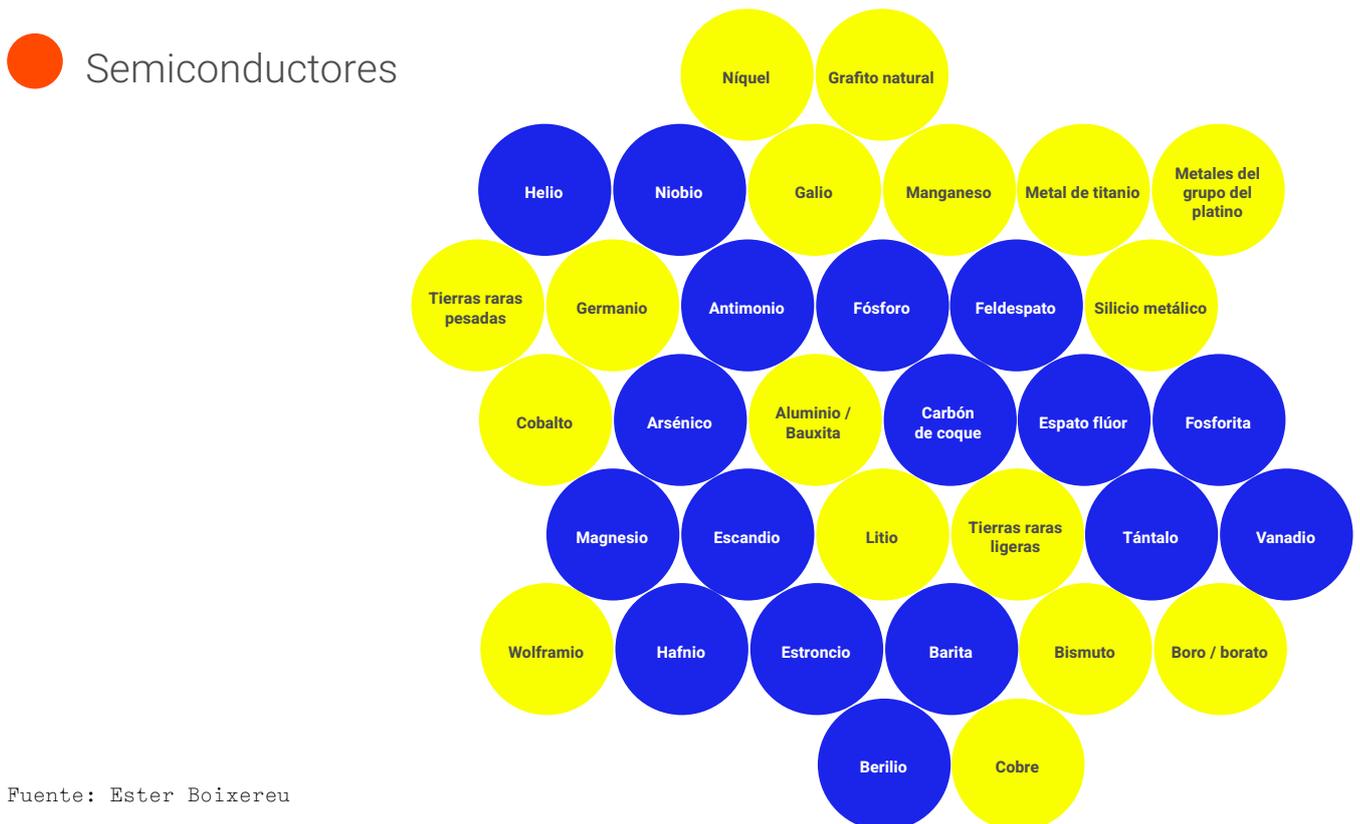
LA GEOLOGÍA DETRÁS DE LA REVOLUCIÓN DIGITAL

Los materiales semiconductores provienen de la **minería** o de **subproductos metalúrgicos** (Figura 26). Su investigación es clave por sus aplicaciones en transistores, láseres, células solares, sensores o componentes de radiofrecuencia y tienen como referente paradigmático previo a la galena, que posibilitó la fabricación de la radio de galena a principios del siglo XX. **Muchos de estos elementos (Si, Ga, Ge, In, Sb, As, Te...) son semimetales escasos o se obtienen en pequeñas cantidades como subproductos, lo que limita la capacidad de escalado y genera cuellos de botella críticos.**

Los ejemplos de materiales relevantes para el sector de los semiconductores incluyen:

- **El silicio ultrapuro (Si):** El silicio es muy abundante (2) en la corteza terrestre. Se obtiene de cuarzo de altísima calidad (calidad electrónica con pureza >99,9999 %). La mina de Serrabal (A Coruña), gestionada por Ferroglobe, es uno de los principales suministradores mundiales, con el cuarzo, hasta la fecha, más puro del mundo. España dispone de fundición (Sabón) y producción relevante a nivel mundial de Si ultrapuro. En la UE la producción de obleas de grado electrónico se concentra en Alemania.

**FIGURA 26.** Elementos clave vinculados a la industria de los semiconductores



Fuente: Ester Boixereu

- **El germanio (Ge):** Número 50 en abundancia. Asociado a minerales de zinc (esfalerita), se extrae como subproducto metalúrgico. Se produce en China (>60 %) y Rusia, y capacidades más limitadas en Canadá, Estados Unidos y Kazajistán. En Bélgica contamos con producción secundaria a partir de reciclaje y tratamiento de residuos.
- **El galio (Ga):** 36 en abundancia. Presente en bauxitas y menas de zinc, el 95 % procede de China. España posee bauxitas mediterráneas ricas en Ga no explotadas. En Bélgica, Umicore produce Ga desde el reciclaje y el tratamiento de residuos. Grecia está desarrollando un proyecto estratégico europeo para la producción de Ga desde la minería de bauxita que cubriría la demanda anual europea y con planes para expandirse a la producción de Ge y de Sc.
- **El indio (In):** 61 en abundancia. Derivado del zinc y estaño, con grandes reservas mundiales en Canadá, aunque China sigue siendo el productor principal. El indio ha sido eliminado en 2023 de la tabla de materiales críticos por la UE, porque su disponibilidad ha mejorado (se han generado capacidades de refinado y reciclado en países como Corea del Sur, Japón, Canadá y Bélgica) y su peso estratégico ha bajado en relación con otros materiales cuya demanda está creciendo más intensamente (como tierras raras magnéticas, litio, galio, hafnio, óxidos alternativos, etc.).
- **El telurio (Te):** Poco abundante (78). Subproducto del cobre. Se estima un recurso de 2600 t en el suroeste de Canarias, aunque no es explotable de forma inminente. China produce el 76 % y otros países como Estados Unidos (con la empresa Río Tinto operando en Utah), Rusia o Suecia le siguen en la producción.
- **El antimonio (Sb, 65 en abundancia) y el arsénico (As, 22 en abundancia).** Usados en

compuestos como GaAs, InAs, InSb, InGaAs. Existen yacimientos históricos de Sb en Badajoz y Ciudad Real, en reactivación. La arsenopirita se explotó en España hasta 1980, pero ya no hay capacidades en explotación.

Estas materias presentan una alta dependencia externa, en particular respecto a China, lo que posiciona su análisis geológico como cuestión estratégica. La investigación del IGME también destaca **minerales alternativos como la tetraedrita** (sulfuro de Cu y Sb), presente en escombreras mineras y **con propiedades prometedoras para aplicaciones termoelectricas que permitirían mejorar la eficiencia energética de dispositivos**, generando valor añadido desde residuos mineros.

#### EL PROYECTO START: VALORIZACIÓN SOSTENIBLE DE RESIDUOS MINEROS

En respuesta a estos retos, el IGME participa en el proyecto europeo START (Sustainable Energy Harvesting Systems Based on Innovative Mine Waste Recycling), financiado por Horizon Europe (Pilar II – Cluster 4: Digital, Industry and Space). START reúne a quince instituciones de diez países, bajo coordinación del LNEG portugués, con una subvención de 9,2 millones de euros. Sus **objetivos** son:

- **Revalorizar residuos** (recuperarlos, concentrarlos, procesarlos) de antiguas explotaciones mineras para recuperar MPC.
- **Desarrollar materiales funcionales** (fabricar dispositivos y escalarlos para validación) como los sulfuros termoelectricos, para fabricar dispositivos como las placas termoelectricas flexibles.
- **Crear una economía circular geotecnológica** en Europa que combine minería, ciencia de materiales e industria electrónica.

Este tipo de iniciativas conecta la ciencia geológica y la cadena de valor tecnológica, ofreciendo soluciones sostenibles para la transición energética y digital.

#### PLANES ESTRATÉGICOS DEL GOBIERNO DE ESPAÑA EN MINERÍA

En paralelo, el **Gobierno español ha lanzado una estrategia ambiciosa para asegurar el suministro de materias primas necesarias para sectores clave como los semiconductores, baterías o energías renovables.**

Entre las iniciativas destaca el **Plan de Acción de Materias Primas Minerales 2025-2029**<sup>29</sup>, aprobado por el MITECO, que contempla:

- **Un programa nacional de exploración geoquímica y actualización del inventario minero** (más de mil emplazamientos).
- **Una inversión de 400 millones de euros del PRTR para la restauración ambiental** de suelos afectados por actividad minera.
- **La revisión profunda de la Ley de Minas de 1973**, con el objetivo de adaptar los procedimientos a los retos actuales, facilitar nuevas concesiones, impulsar la minería sostenible y mejorar la trazabilidad y circularidad de los materiales.
- **Reforzar los criterios sociales y ambientales más exigentes para explotaciones futuras**, junto con medidas para incentivar el empleo en zonas rurales.

Esta legislación se articula con la política industrial nacional y con el objetivo europeo de contar con al menos el 10 % del consumo de materias primas extraído en suelo comunitario para 2030 (según la Critical Raw Materials Act). España ha sido uno de los países más beneficiados por el reciente reconocimiento de Proyectos Estratégicos (*Strategic Projects*) por parte de la Comisión Europea bajo la CRMA. En 2024 se seleccionaron siete proyectos españoles entre los 47 priorizados a nivel europeo (Figura 27), con tramitación acelerada y acceso preferente a financiación comunitaria, y los más relevantes son:

- La Mina Doade (Ourense) para la explotación de litio, con una proyección anual de 500 000 t de mineral.
- La Mina Las Cruces (Gerena, Sevilla), con la ampliación subterránea del mayor yacimiento de cobre a cielo abierto de Europa, con tecnologías metalúrgicas de última generación.
- En Extremadura, Las Navas, Aguablanca, La Parrilla, que son proyectos dedicados al wolframio, el antimonio y el reciclaje de metales estratégicos.
- Otras iniciativas en Galicia, Castilla-La Mancha y Andalucía para la minería del cobalto, el platino, el níquel o el reciclaje electrónico, con un impacto estimado de 22 000 millones de euros en inversión.

Estos proyectos posicionan a España como uno de los polos de reindustrialización minera estratégica de la UE, con impacto directo en la cadena de valor de tecnologías críticas para la microelectrónica, las baterías y las tecnologías limpias.

**FIGURA 27.** Mapa de explotaciones activas en España de materias primas fundamentales

Fuente: Feás & Arnal, 2024

#### OPORTUNIDADES EN LA CADENA DE VALOR DE LOS SEMICONDUCTORES DE LA MANO DE LA EXTRACCIÓN Y PRODUCCIÓN DE MATERIALES

El suministro seguro, sostenible y autónomo de materias primas críticas para los semiconductores requiere una **acción coordinada** entre la ciencia geológica, investigación minera y en ciencia de materiales, la política industrial y la innovación tecnológica. La participación de instituciones científicas

como el IGME-CSIC en proyectos europeos como START, la apuesta normativa del Gobierno de España por una nueva minería sostenible y el reconocimiento comunitario de proyectos tractores en litio, cobre o antimonio configuran una hoja de ruta robusta para que España fortalezca su papel en la cadena de suministro global de semiconductores. Este enfoque integrado, que aúna recursos naturales, industria avanzada y política pública, es clave para garantizar la competitividad tecnológica del

país en un escenario global de transformación digital y transición energética. La extracción de materiales y su posterior refinado, purificación y procesado son áreas primordiales para avanzar hacia la soberanía tecnológica y, siendo realistas al menos, mejorar nuestro nivel de dependencia de terceros países.

En este sentido, los proyectos estratégicos de explotación puestos en marcha son un primer paso en la industria minera y sectores afines, que se espera pueda seguir consolidándose a través de la actualización, ya urgente, del mapa nacional de recursos mineros. En España, asociado al Li y al W hay producción posible de estaño que, no considerándose un material crítico, también es un insumo importante en aplicaciones tecnológicas, incluidos en muchos dispositivos semiconductores. Además, la posibilidad de investigar las cenizas de las centrales térmicas de carbón para extraer Ga y Ge es otra oportunidad potencial para recuperar materiales clave, así como la explotación de menas de esfaleritas españolas asociadas a la minería del Zn y otros materiales críticos.

A lo anterior se añade la potencial puesta en marcha de centros de tratamiento y procesado de los materiales que se extraen. Añadir la transformación al puzzle da valor añadido a la propia actividad minera y las oportunidades de explotación se dan en el momento del descubrimiento de los recursos, abandonarlos hacia el futuro siempre introduce incertidumbres en las posibilidades de explotación costo-efectivas. No olvidemos que los cuellos de botella de la cadena de valor relacionados con los insumos tienen no solo como origen la extracción de las materias primas, sino también las capacidades de refinado y transformación.

Para ello, es muy necesario un planteamiento cercano al ciudadano, didáctico y responsable, que luche contra la desinformación y la percepción ciudadana contraria a este tipo

de proyectos, que en ocasiones es capaz de paralizar proyectos de alto valor añadido, y que en paralelo se pongan en marcha iniciativas para la restauración ambiental de los suelos afectados por las extracciones cuando estas han concluido.

### LA ECONOMÍA CIRCULAR Y LA RECUPERACIÓN DE MATERIAS PRIMAS CRÍTICAS EN EL SECTOR DE LOS SEMICONDUCTORES

La transición hacia una **economía más sostenible** (desde el punto de vista amplio, tanto social como económico y medioambiental) y con menos dependencias exige avanzar decididamente en la circularidad de los materiales críticos contenidos en los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Estos residuos constituyen una fuente estratégica de elementos valiosos como tierras raras, galio, germanio, telurio y otros metales esenciales para la transición digital y energética. Promover su reutilización, recuperación y reciclado no solo permite reducir la dependencia de las materias primas importadas, sino que también contribuye a mitigar el impacto ambiental de la minería primaria y a cerrar el ciclo de vida de los productos tecnológicos de alta complejidad. La implantación de sistemas eficientes de recogida, clasificación y tratamiento, junto con las políticas de ecodiseño y la responsabilidad ampliada del productor, resultan claves para maximizar el aprovechamiento de los recursos materiales contenidos en los RAEE.

### EL CASO DE ÉXXITA BE CIRCULAR

Con estas líneas de trabajo, **Éxxita Be Circular** se ha consolidado como un referente en economía circular aplicada al sector electrónico, aportando un modelo innovador al ecosistema de semiconductores. Como *circular innovation hub* y centro de referencia, designado dentro

de la Unidad Aceleradora de Proyectos Estratégicos de la Junta de Andalucía, Éxxita impulsa la gestión sostenible del ciclo de vida de dispositivos electrónicos con tecnologías avanzadas, trazabilidad y transparencia. Su labor se alinea estrechamente con las políticas europeas y nacionales orientadas a la economía circular y la autonomía en materias primas críticas, reforzando la resiliencia del sector de semiconductores frente a la escasez de recursos y promoviendo la sostenibilidad ambiental.

Éxxita aboga por un cambio de modelo en la gestión de dispositivos electrónicos, pasando de esquemas lineales o parcialmente circulares a un auténtico modelo circular con alto impacto. Tradicionalmente, la gestión de RAEE se ha centrado en un «modelo semicircular» de reciclaje básico con recuperación mayoritariamente cuantitativa de materiales, pero bajo valor añadido, caracterizado por la falta de trazabilidad en los flujos de los residuos, la escasa transparencia y la información limitada sobre el destino de los componentes, además de la utilización de procesos con considerables emisiones de CO<sub>2</sub>. Éxxita propone reemplazar esta aproximación por un «modelo circular integral» orientado a la recuperación cualitativa y de alto impacto que incorpora pasaportes digitales para cada equipo que facilitan su seguimiento, asegura la trazabilidad y la transparencia en todas las etapas (desde la recogida hasta la reinserción en el mercado), provee información fiable sobre los materiales recuperados y emplea procesos tecnológicamente avanzados bajos en carbono. Este modelo refleja la jerarquía de gestión de residuos promovida por la UE, priorizando primero la prevención del residuo, luego la preparación para la reutilización, seguido del reciclaje, por encima de la valorización energética o la eliminación final. La adopción de estas prácticas demuestra cómo la economía circular aplicada a los semiconductores y la electrónica puede simultáneamente generar

valor económico, disminuir el impacto ambiental y reducir la dependencia de materias primas externas. Gracias a este modelo, Éxxita está logrando hitos significativos que respaldan las estrategias de economía circular. Anualmente, procesa más de 500 000 dispositivos electrónicos para su refabricación o reutilización, evitando que terminen como residuos prematuramente. Ha formado a más de 110 000 personas en competencias de economía circular, creando una base de talento especializada en la remanufactura y el reciclaje electrónico. Asimismo, sus actividades de reacondicionamiento y reutilización han supuesto la reducción de miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes (se estima en torno a 4000 toneladas) al prolongar la vida de los equipos y evitar la producción de nuevos dispositivos. Estas cifras evidencian una contribución tangible tanto a los objetivos climáticos como a la disminución de la dependencia de importación de materiales para el sector de los semiconductores, y reflejan la eficacia de las políticas públicas cuando se traducen en iniciativas empresariales concretas.

## RECUPERACIÓN DE MATERIAS PRIMAS CRÍTICAS EN EL SECTOR ELECTRÓNICO

Un aporte esencial de Éxxita al ecosistema de semiconductores es la **recuperación de materiales estratégicos** contenidos en los residuos electrónicos, contribuyendo a cerrar el ciclo de las materias primas críticas. Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) contienen elementos clave para la industria tecnológica cuya oferta es limitada o concentrada geográficamente. Por ejemplo, en dispositivos comunes se hallan tierras raras como el neodimio (Nd) y el praseodimio (Pr) (usados en imanes permanentes de discos duros y motores eléctricos), el disprosio (Dy) (que mejora la resistencia térmica de imanes) o el terbio (Tb) y el europio (Eu) (empleados en fósforos para pantallas y leds). También

se recuperan metales preciosos y del grupo del platino indispensables en electrónica, como el oro (Au) en conectores y microchips, el paladio (Pd) en soldaduras y sensores, el platino (Pt) en sensores y catalizadores o el rodio (Rh) en contactos eléctricos de alta resistencia. Estos materiales críticos están presentes principalmente en componentes como placas de circuito impreso, chips, altavoces, pantallas, discos duros y conectores. A través de sus procesos de desmontaje, separación y refinado, Éxxita recupera y devuelve a la industria porciones de estos elementos, reduciendo la necesidad de extraer recursos vírgenes y apoyando la autonomía estratégica en suministros para la fabricación de semiconductores y electrónica en general.

Un reto emergente que Éxxita ha comenzado a abordar es la circularidad en el ámbito de la energía solar fotovoltaica, estrechamente ligado al ecosistema semiconductor por su uso masivo de tecnologías de silicio. Los paneles solares, especialmente los de silicio cristalino (que representan más del 90 % del mercado) y los de película delgada, contienen diversas materias primas críticas en sus componentes. Entre ellas figuran metales como el indio (In) y el galio (Ga) en las capas semiconductoras de paneles CIGS (células con láminas delgadas de seleniuro de cobre-indio-galio como capa activa), el selenio (Se) y el telurio (Te) en capas absorbentes, además de la plata (Ag) utilizada extensivamente en los contactos eléctricos de las células fotovoltaicas.

#### OPORTUNIDADES EN CIRCULARIDAD 360 EN EL SECTOR DE LOS SEMICONDUCTORES

Las oportunidades para España en el sector de la circularidad del sector de los semiconductores se manifiestan en múltiples frentes complementarios a la producción de chips, como son alargar la vida de los equipos electrónicos que albergan semiconductores, recuperar materias primas

críticas imprescindibles para fabricar nuevos componentes, reducir la huella de carbono del ciclo de vida tecnológico y generar conocimiento y conciencia en torno a la circularidad. Todo ello converge con las prioridades estratégicas de la UE y de España, que identifican la economía circular y la gestión de residuos como pilares para asegurar la soberanía tecnológica y la sostenibilidad en la industria de semiconductores. La experiencia de Éxxita demuestra que es posible articular un modelo de negocio rentable y escalable en torno a la reutilización y el reciclaje avanzado de electrónicos, actuando como pieza clave en el puzle de la cadena de valor de los semiconductores. De esta forma, desde iniciativas en este sector España puede contribuir a construir un sector de semiconductores más circular, seguro y competitivo, apoyado en la innovación tecnológica y alineado con los objetivos de economía circular marcados por las políticas públicas actuales. Se debe tener en cuenta además que, aunque la economía circular se va automatizando cada vez más, es aún un sector intensivo en mano de obra, porque muchas de las tareas de reacondicionamiento requieren más mano de obra que el montaje inicial del dispositivo.

#### MATERIALES SOSTENIBLES DESDE EL DISEÑO

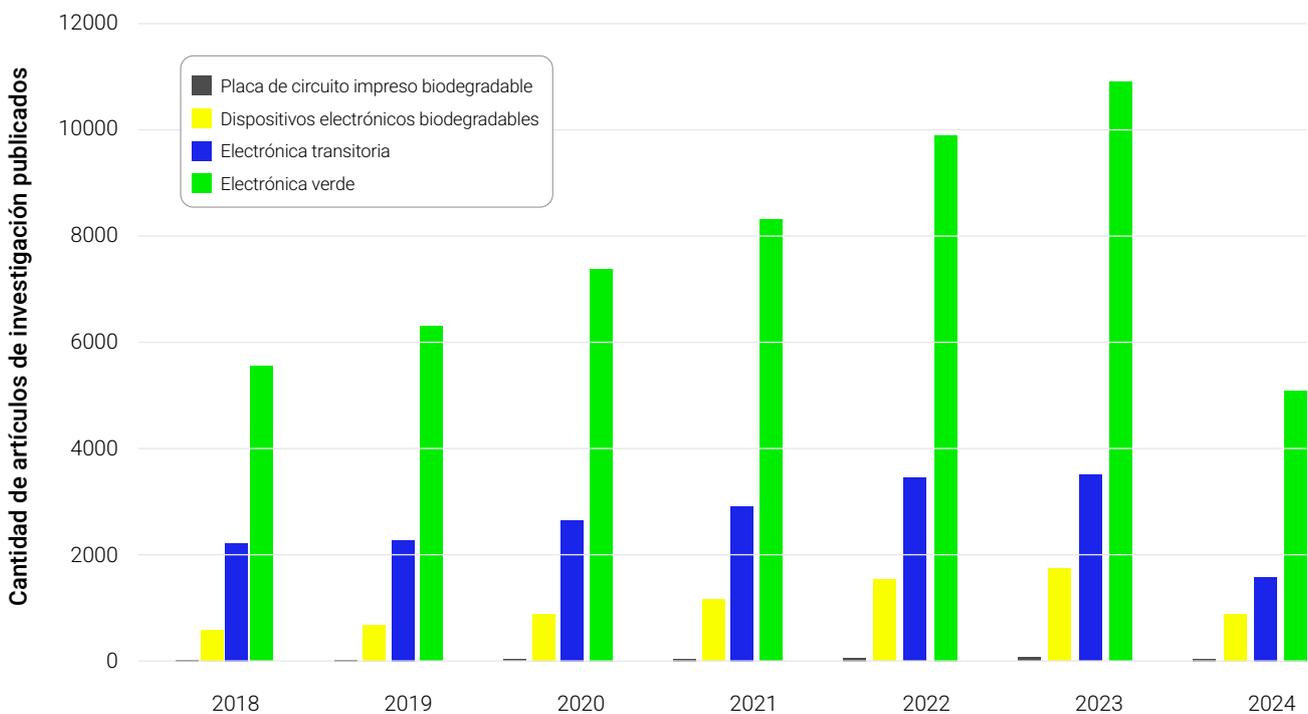
Avanzar hacia una mayor **sostenibilidad** en el sector de los semiconductores requiere incorporar criterios medioambientales y de reducción o eliminación de materiales críticos desde las fases más tempranas del ciclo de vida de los dispositivos, comenzando por el propio diseño de los materiales semiconductores. Introducir una capa adicional de circularidad implica repensar la electrónica desde su base, promoviendo el uso de materiales sostenibles, no críticos, reciclables (como los biocomponentes o materiales electrónicos biodegradables o biocompatibles), que minimicen el impacto ambiental y pongan foco en la preparación para

la recuperación y el reciclaje. Asimismo, el diseño asistido por inteligencia artificial abre nuevas oportunidades para optimizar el rendimiento y la eficiencia energética de los materiales, al tiempo que permite reducir el uso de elementos críticos o contaminantes. Esta aproximación de «ecodiseño inteligente» no solo favorece la transición ecológica del sector, sino que refuerza su resiliencia frente a las tensiones de suministro y la presión normativa en torno a la sostenibilidad. En el Grupo de Trabajo hemos explorado estas posibilidades con la ayuda de David Cuartielles, fundador de Arduino. La tecnología de Arduino se basa en sistemas de *software* con licencias abiertas y tienen 65 productos en su portfolio, por otra parte, agnóstico en tecnologías. Han comenzado a trabajar en sistemas biodegradables con el objetivo de implementarlos en unos cinco o seis años para que el Cu de los circuitos impresos sea 100 % recuperable.

### ELECTRÓNICA BASADA EN MATERIALES BIOLÓGICOS: INNOVACIÓN EN SOSTENIBILIDAD PARA LA INDUSTRIA DE SEMICONDUCTORES

El desarrollo de **tecnologías electrónicas sostenibles** constituye uno de los retos emergentes más relevantes en el marco de la transformación industrial europea, y las investigaciones han avanzado en los últimos años (Figura 28). La iniciativa presentada por David Cuartielles, cofundador de Arduino, en el grupo de trabajo de semiconductores de Cotec plantea una aproximación innovadora a la integración de materiales que pueden ser biocompostables en el diseño y fabricación de las placas de circuito impreso (PCB), proponiendo soluciones técnicas que permiten reducir la huella ambiental de los dispositivos electrónicos sin comprometer su funcionalidad esencial.

**FIGURA 28.** Investigaciones relacionadas electrónica basada en materiales biológicos



Fuente: Soon et. al, 2024

La iniciativa parte de una reflexión crítica: ¿Puede la industria electrónica alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)? En un sector históricamente intensivo en recursos minerales, energéticos y materiales no biodegradables, ¿es posible reconciliar la producción electrónica con los ODS? La respuesta se articula a través de un enfoque técnico concreto como es sustituir los sustratos tradicionales de las PCB (formados por EPOXY y fibra de vidrio) por materiales compuestos biodegradables, y evaluar su viabilidad funcional en condiciones reales de diseño, montaje y uso.

El equipo liderado por Cuartielles ha trabajado en el marco del proyecto europeo DESIRE4EU, explorando la posibilidad de diseñar y fabricar PCB utilizando PLA-Flax, un compuesto biodegradable a base de ácido poliláctico reforzado con fibras de lino. La propuesta parte de dos pilares:

1. La **reutilización** de componentes electrónicos, demostrando que los elementos funcionales (chips, pasivos, conectores) pueden desmontarse, verificarse y volver a montarse con fiabilidad.
2. La **sustitución** de sustratos por materiales compostables, que permiten su integración en ciclos de recuperación y degradación acelerada bajo condiciones controladas de compostaje, tanto en laboratorio como en entornos naturales, permitiendo además recuperar el 100 % del Cu.

Estas líneas de trabajo permiten extender el paradigma de la economía circular hacia el diseño mismo de los dispositivos, un aspecto poco explorado hasta ahora en el campo de los semiconductores.

A diferencia de otras iniciativas basadas en tecnologías aditivas, el enfoque de Cuartielles apuesta por mantener la compatibilidad con los procesos industriales tradicionales, adaptando

los materiales nuevos a las líneas de producción existentes (tecnología sustractiva convencional y montaje superficial).

Se dispondrá una guía de diseño estandarizada para PCB biobasadas que pueda ser utilizada por comunidades de desarrolladores, fabricantes y centros de innovación tecnológica, añadiendo además a cada placa un código QR único que aporta trazabilidad y permitirá detectar y solucionar errores en cada serie. Esta trazabilidad del proceso se está bajando incluso a nivel de componentes.

#### NUEVOS PRINCIPIOS: *COLD MANUFACTURING* Y *JUST ENOUGH TECHNOLOGY*

Más allá del cambio de material, la propuesta introduce dos principios rectores que aspiran a reconfigurar el pensamiento de diseño en la electrónica contemporánea. Uno de ellos es la **manufactura en frío** (*cold manufacturing*), reduciendo al mínimo la temperatura requerida en los procesos de fabricación, disminuyendo así el consumo energético y permitiendo el uso de materiales sensibles al calor. El otro es el principio del diseño con la **tecnología suficiente** (*just enough technology*), diseñando con el nivel de calidad y fiabilidad adecuado a la función del dispositivo, evitando el sobreespecificado técnico y la sobreprestación innecesaria de los dispositivos que generan residuos innecesarios, costes ambientales y complejidad superflua. El principio de *just enough technology* introduce además un nuevo concepto de obsolescencia para dispositivos no duraderos que puede ayudar a mantener el sistema con un tejido social funcional durante más tiempo.

Ambos principios buscan generar una electrónica más ligera, distribuida y ecooptimizada, especialmente adecuada para aplicaciones como sensores IoT, computación en el borde (*edge computing*) o incluso los

dispositivos de inteligencia artificial de bajo consumo, donde el impacto ambiental y el coste deben mantenerse al mínimo.

La meta técnica de Arduino para 2027 es ambiciosa: alcanzar un diseño de cuatro capas en materiales biobasados, con capacidades de conectividad inalámbrica y computación en el borde (*edge AI*), en un formato reducido comparable al Arduino Nano. Este objetivo implica consolidar un ecosistema de materiales, procesos de fabricación, diseño electrónico y validación funcional que permita trasladar la innovación desde el laboratorio hacia aplicaciones industriales o comerciales.

#### OPORTUNIDADES EN LA FABRICACIÓN DE MATERIALES SOSTENIBLES POR DISEÑO PARA ESPAÑA

La iniciativa presentada por Cuartielles constituye una aportación original y disruptiva al debate sobre sostenibilidad en la industria de semiconductores. Propone tecnologías abiertas, **reutilizables y biodegradables**, que permiten reducir significativamente el impacto ambiental de los dispositivos electrónicos desde el diseño. Esta línea de trabajo no solo es coherente con la estrategia europea de sostenibilidad industrial y economía circular, sino que representa un camino práctico para extender los beneficios del *hardware* libre y la innovación distribuida hacia entornos más respetuosos con los límites ecológicos.

Iniciativas como esta pueden inspirar a nuevas generaciones de diseñadores de *hardware* más responsables con el entorno en un nicho al que la industria inexorablemente se está moviendo, y no hace falta más que ver los planes propios de los centros tecnológicos, empresas productoras de chips, etc., y otras empresas de la cadena de valor con un foco puesto en la sostenibilidad de los semiconductores, que ya son de por sí un sector con una utilización intensiva de recursos como la energía y el agua, además de los materiales críticos y otros poco amigables con el medio ambiente, como algunos gases de procesos, ácidos, etc. La irrupción de la IA puede además acelerar los procesos de diseño convencionales y ser un factor de alto valor añadido para que las empresas decidan utilizar materiales emergentes o explorar nuevas prestaciones.

La sostenibilidad entendida en toda su amplitud está estrechamente relacionada con la responsabilidad social. Conseguir una menor dependencia y acercarnos en algunos nichos a una soberanía tecnológica aceptable tiene un **sobrecoste económico, social y de percepción ciudadana**, de adaptación de normativas que nos permitan tener un sector más competitivo, pero que puede crear una gran oportunidad de posicionamiento para España sobre todo en nichos en los que aún hay mucho por hacer como la fotónica, la integración de plataformas materiales diversas emergentes, etc.

**ESTUDIO  
DE LA  
COMPLEJIDAD  
ECONÓMICA  
ESPAÑOLA  
EN EL SECTOR  
DE LOS  
SEMICONDUCTORES**

**05.**



La complejidad económica de España desde el punto de vista de la dependencia de dispositivos y componentes electrónicos, con la información que se obtiene de los datos de exportaciones e importaciones, puede estudiarse a través de la herramienta interactiva de Cotec «Mapa de Complejidad Económica».

---

El proyecto de **Complejidad Económica** de Cotec presenta fichas detalladas que abarcan un amplio abanico de familias de productos. En concreto, se recogen, bajo distintos niveles de desagregación, cada uno de los productos con los que España comercia —ya sean productos que importa y exporta, que solo exporta o que solo importa—. Se definen cuatro niveles de agregación de productos: Sección (22 productos), HS2 (97 productos), HS4 (1231 productos) y HS6 (5754 productos). Esta clasificación proviene de la nomenclatura del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) de la Organización Mundial de Aduanas (OMA), es decir, es una clasificación arancelaria basada en el comercio mundial.

Cada ficha incluye información clave sobre las **exportaciones e importaciones** del producto desagregada por comunidades autónomas y provincias, mostrando su evolución a lo largo del tiempo. Además, se puede consultar la diferencia entre las exportaciones e importaciones del producto, mostrando así la balanza comercial de España para cada uno de ellos. Se muestra si España presenta un superávit (exporta más de lo que importa) o un déficit comercial (importa más de lo que exporta) en este producto, lo cual permite analizar la dependencia del país respecto a la producción externa del bien. Esta información viene desagregada por meses o años y por continente con el que España mantiene la relación comercial.

Se puede analizar de manera completa el comercio internacional del producto. Se muestra la diferencia entre exportaciones e importaciones para evaluar si los distintos países del mundo son importadores o exportadores netos. Además, se ofrece información detallada sobre los principales países con los que España mantiene **relaciones comerciales**, tanto en términos

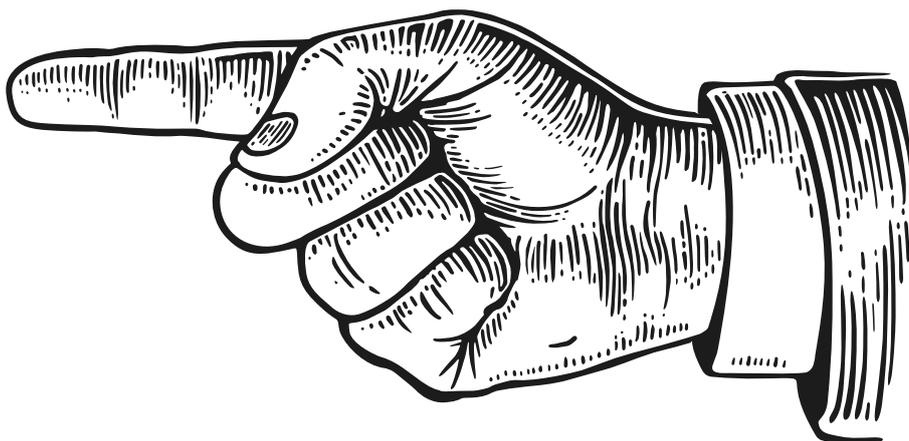
de exportaciones como de importaciones, permitiendo la identificación de países con los que mantenemos una dependencia comercial en ese producto en concreto. También se pueden observar las dinámicas de mercado a lo largo del tiempo y la concentración del comercio, lo que permite identificar si las operaciones comerciales están distribuidas entre muchas regiones o concentradas en pocas.

Finalmente, se explora la identificación de oportunidades de **diversificación económica** para cada uno de los productos. Este análisis se realiza mediante el diagrama de Complejidad-Afinidad, que compara el riesgo y el valor estratégico de las potenciales oportunidades de exportación para un producto. El riesgo se mide a través de la afinidad, que determina las posibilidades de producción de un producto, en base a la relación del producto con la estructura productiva de los territorios. Cuanto mayor es la afinidad entre el producto y los bienes ya producidos y exportados por una región, mayor es la probabilidad de éxito en su producción y exportación. Esto se debe a que las capacidades necesarias para producir el nuevo bien están relacionadas con las ya presentes en la economía. La complejidad de un producto se refiere al nivel de conocimiento, tecnología y habilidades que requiere su producción. Cuanto mayor es la complejidad de un producto, más difícil es de producir y menos común en el mercado global. Los productos con alta complejidad tienden a estar asociados con economías que experimentan mayor crecimiento económico, niveles de ingreso más altos, menor desigualdad y menores emisiones de carbono, debido a su valor agregado y el desarrollo tecnológico que implican.

Los semiconductores se consideran una tecnología habilitadora clave, con capacidad de generar conocimiento transversal, propiedad intelectual transferible y eslabonamientos con industrias de alto valor añadido. Del estudio, con

sus limitaciones dado el tipo de datos que se recogen, se pueden extraer parámetros como la diversidad (variedad de productos que se exportan o importan en cada territorio) y la ubicuidad (en cuántos países dicho producto está disponible). La complejidad económica de un territorio se eleva cuanto mayor es su **diversidad** de productos y menor la **ubicuidad** de los productos. Madrid fue el territorio que más dispositivos semiconductores importó y Valencia el que más exportó en 2024, mientras que Cataluña es el territorio con mayor afinidad económica en este sector. La balanza comercial española es negativa, habiéndose exportado en 2024 productos por valor de 2110 millones de euros y exportado por valor de 233 millones de euros.

La microelectrónica puede **eleva el perfil tecnológico de la economía española** y actuar como palanca en sectores afines aumentando la complejidad económica de nuestro país, lo que mejoraría nuestro nivel de dependencia actual. La mayor participación de España en este sector puede incrementar la densidad tecnológica de su matriz productiva —posicionando al país en cadenas de valor intensivas en conocimiento y destacando la capacidad del sector para inducir efectos multiplicadores sobre otras industrias—, generar empleo cualificado y potenciar la autonomía tecnológica como vector de resiliencia económica.



**TALENTO.**

**PILAR**

**FUNDAMENTAL**

**PARA**

**POSICIONAR**

**A ESPAÑA**

**06.**



El talento se ha convertido en uno de los factores más determinantes para asegurar la competitividad internacional en el sector de los semiconductores. En el contexto de la estrategia europea y nacional impulsada por el PERTE Chip, la formación y la integración efectiva del capital humano emergen como prioridades clave. La escasez de perfiles cualificados, la necesidad de retener y reentrenar talento, así como la urgencia de conectar formación, investigación e industria, exigen una acción coordinada y sostenida a nivel nacional.

---

Cualquier Estrategia Nacional en Semiconductores depende críticamente de la disponibilidad de profesionales, ya sean ingenieros, investigadores o técnicos cualificados, en las distintas disciplinas del sector. En este aspecto, España cuenta con fortalezas importantes en su sistema educativo y científico-tecnológico, aunque también se enfrenta al reto de formar y atraer a un mayor número de especialistas ante la creciente demanda. Sin duda, uno de los criterios de mayor impacto a la hora de decidir la localización de las inversiones en este sector es el acceso al talento, y, teniendo mercados de talento agotados y más caros en Europa y a nivel global, posicionarnos como fuertes generadores de talento es una ventaja competitiva para nuestras empresas y para el crecimiento del ecosistema español y la atracción de inversiones.

Si bien, tradicionalmente, el sector de los semiconductores en España era pequeño (y por tanto también el número de especialistas), ahora existe un esfuerzo coordinado para ampliar la cantera de talento. Adicionalmente, cabe mencionar que España cuenta con científicos de primer nivel en campos relevantes (por ejemplo, en el desarrollo de materiales semiconductores y dispositivos, en teoría cuántica o en fotónica, en diseño RISC-V y otras herramientas), muchos integrados en centros de investigación del CSIC, en universidades y centros como el ICFO o IMDEA Nanociencia. Aprovechar este conocimiento multidisciplinar y orientarlo a desarrollos concretos en semiconductores es otra capacidad latente importante del país.

## **CAPACIDADES FORMATIVAS Y NECESIDADES EN ESPAÑA**

España dispone de una **base formativa muy amplia** con decenas de universidades que ofrecen títulos relevantes en electrónica, semiconductores y áreas afines. En particular, 52 universidades imparten grados afines a la electrónica y 27 ofertan másteres especializados en microelectrónica. También hay programas de doctorado específicos en semiconductores en aproximadamente 17 universidades. Anualmente se gradúan en torno a dos mil alumnos de grado en electrónica y casi doscientos de máster en áreas relacionadas según los datos aportados por AESEMI (Asociación Española de la Industria de Semiconductores).

Además, un análisis de AMETIC calculó la necesidad de 600-700 nuevos profesionales al año y elaboró una estrategia formativa con la participación de 22 universidades españolas y centros de FP, y se ha acometido el inventario de salas blancas. Este ecosistema académico y profesional se apoya en un entramado industrial e investigador en el que AMETIC identifica unas 170 empresas dedicadas a microelectrónica en España y 9 centros de I+D (5 institutos públicos y 4 tecnológicos) focalizados en este campo. Según este estudio, el sector destina ya cerca de 100 millones de euros a laboratorios y equipamiento docente en universidades y FP, evidenciando la apuesta por infraestructuras formativas. No obstante, se mantiene un margen de mejora para conseguir una mayor adaptación de la formación a las tecnologías emergentes, la ampliación de la oferta de másteres interuniversitarios y una más estrecha coordinación con la industria a la hora de definir planes de estudio y prácticas. Como consecuencia de este estudio se articulan desde el PERTE Chip las Cátedras Chip.

## LAS CÁTEDRAS CHIP

Las **Cátedras Chip** se han constituido como una de las acciones más reconocibles del PERTE de Microelectrónica y Semiconductores, con una financiación mixta (85 % pública, 15 % privada) y presencia en 15 universidades. Estas cátedras tienen un triple objetivo: fomentar la I+D, impulsar la transferencia de tecnología y formar nuevos profesionales en microelectrónica, diseño de chips, fotónica y cuántica en sectores clave como el espacio, la automoción, la salud o la defensa.

A través de programas de máster, formación continua y doctorados industriales, las Cátedras Chip están consolidando una red nacional de formación especializada con acceso a infraestructuras singulares y colaboración empresa-universidad. En los últimos años, se han lanzado nuevas carreras y másteres orientados a semiconductores, así como programas de microcredenciales para actualización rápida de conocimientos, en línea con las necesidades del sector.

El PERTE financia con fondos *NextGeneration*, 45 millones de euros públicos más unos 9,5 millones de euros de la industria, 17 Cátedras Chip en 15 universidades, con programas de una duración inicial de cuatro años entre 2023-2027. Estas ayudas público-privadas movilizan 54,5 millones de euros con el objetivo de formar mil profesionales de alta cualificación en semiconductores. El programa establece sinergias universidad-industria, compartiendo el diseño de la formación y prácticas en empresas, coordina eventos sectoriales y plantea itinerarios comunes. En total, cubre quince universidades técnicas y públicas de todo el país (por ejemplo, Politécnicas de Madrid, Valencia y Cataluña; Carlos III de Madrid, Santiago, Vigo, Sevilla, Granada, Málaga, Cantabria, País Vasco, Navarra, Castilla-La Mancha, etc.), abarcando áreas clave como

el diseño de chips, las arquitecturas RISC-V, fabricación avanzada, fotónica y computación cuántica. El balance de financiación combina un 85 % público (subvención) y 15 % privado (aportación industrial) para cada cátedra. En conjunto, desde el PERTE Chip se ha subrayado la criticidad del acceso al talento, reforzando la idea de que estas cátedras son un instrumento para retener talento y nutrir la cadena productiva local. Sin embargo, hay que poner de manifiesto algunas de sus limitaciones, como son la duración determinada de la financiación, que llegó un año después de lo previsto inicialmente, y la dificultad de ejecución eficiente debido a la complejidad administrativa.

Asimismo, la **interacción universidad-empresa** en el área de formación se ha visto potenciada mediante las cátedras del PERTE Chip, que asocian a compañías del sector con universidades para desarrollar conjuntamente formación, I+D y actividades de difusión. Este modelo busca servir de catalizador de talento, facilitando que los estudiantes adquieran competencias prácticas y que las empresas puedan nutrirse de jóvenes formados en las últimas tecnologías. También se están fomentando, en este contexto, la realización de doctorados industriales en microelectrónica y disciplinas afines, con apoyo público y privado, integrando a los doctorandos en proyectos de interés empresarial para acelerar la transferencia de conocimiento. Como resultado, se espera también que comiencen a surgir *spin-offs* *fabless* originadas en entornos universitarios que trasladen a la industria diseños innovadores desarrollados en tesis doctorales o proyectos de investigación. Todo ello indica una fortaleza emergente en formación que ha de seguir desarrollándose.

Por otra parte, aprovechando la celebración de la conferencia sectorial anual Chip Nation organizado por AESEMI, en esta ocasión celebrada en Valencia en diciembre de 2024

y en colaboración con el Clúster Valencia Silicon Clúster, se lanzó el 1.º Foro Nacional de Cátedras Chip, lo que servirá para tener una mayor coordinación de todas las iniciativas y generar nuevas sinergias.

## OTRAS INICIATIVAS DEL SECTOR

La **Asociación Española de la Industria de Semiconductores** (AESEMI), fundada en 2021, actúa como articulador del sector. Su misión es dar visibilidad a todas las entidades que forman parte del ecosistema de semiconductores en España y trabajar por los intereses de la industria en foros nacionales e internacionales. En este sentido, siendo el acceso al talento una de las mayores necesidades para el crecimiento del sector de los semiconductores en España, AESEMI canaliza algunas iniciativas de formación y, como ejemplo, ha creado un directorio formativo *online* (recopilando información detallada de estudios y perfiles formativos del sector) para orientar a alumnos y empresas con toda la información disponible en su web. A nivel internacional, participa activamente en la European Chips Skills Academy (ECSA) y lidera proyectos Erasmus+ para crear redes de formación sobre semiconductores con otras asociaciones europeas o participa en grupos de trabajo en formación como el de la Alianza Europea de Procesadores. AESEMI también organiza eventos sectoriales, dirige comisiones (incluida una de Universidades), promueve colaboraciones internacionales con centros de I+D en Estados Unidos, Taiwán y México y mantiene un servicio de bolsa de trabajo para perfiles altamente cualificados para el sector. Gracias a estas actuaciones, AESEMI fomenta la conexión de la demanda empresarial con la oferta educativa y promueve estándares comunes de competencias.

## CENTROS DE COMPETENCIAS EN MICROELECTRÓNICA Y FOTÓNICA

En la *Chips Act* europea, los centros de competencias (*competence centres*) son uno de los instrumentos clave diseñados para **fortalecer el ecosistema europeo de semiconductores**. Fueron definidos formalmente en el Reglamento (UE) 2023/1781, adoptado el 25 de julio de 2023, y forman parte del llamado Marco de Capacitación de Capacidades y Talento. Su propósito principal es acelerar la innovación, el despliegue tecnológico y el desarrollo de competencias avanzadas en el ámbito de los semiconductores en la Unión Europea. La *Chips Act* europea plantea la creación de al menos un centro de competencias por cada Estado miembro.

Los **centros de competencias** son entidades reconocidas oficialmente por la Comisión Europea (previa evaluación y designación por los Estados miembros) que desempeñan un papel estructurante en las siguientes facetas:

1. **Apoyar la industria**, especialmente a las pymes, *start-ups* y centros de investigación, proporcionando acceso a instalaciones, conocimientos técnicos, herramientas de diseño y servicios avanzados.
2. **Formación y desarrollo de talento**, abordando la escasez de capacidades técnicas en el sector mediante programas de formación, prácticas y colaboración con universidades y centros educativos.
3. **Transferencia de tecnología y aceleración de la innovación**, actuando como interfaz entre la investigación y la industria para llevar nuevos productos y tecnologías al mercado.

Desarrollarán como funciones principales el acceso a las infraestructuras y conocimientos técnicos, permitiendo que pymes y otros

actores accedan a herramientas de diseño, prototipado, laboratorios y capacidades de prueba. Apoyarán la innovación ayudando a las empresas a madurar tecnologías y acelerar su llegada al mercado y fomentarán la cooperación entre regiones y países de la UE, conectando nodos de excelencia en red. Además, colaborarán en programas de formación técnica, especialización y reciclaje profesional apoyando el desarrollo de talento.

En España están en estudio dos propuestas de centro de competencias: uno, el MicronanoSpain (MNS), asociado a la microelectrónica en general e impulsado por AESEMI, y otro asociado a la línea piloto PIXEurope, coordinada por el ICFO y dirigido a la fotónica. Respecto a la formación, estos organismos podrían servir de nodo único de información y coordinación de la formación, centralizando datos de todos los ciclos formativos (grados universitarios, másteres oficiales de 60 ECTS, titulaciones propias, FP media/superior, cursos técnicos y certificaciones) y orientando a los estudiantes hacia la oferta existente. En la práctica, también podrían impulsar sus propios programas

complementarios como cursos cortos o especializaciones emergentes. Además, podrían incorporar una bolsa de empleo sectorial abierta a toda la cadena de valor, conectando a titulados y becarios con prácticas y vacantes en la industria de semiconductores. Este modelo organizativo público-privado garantizaría un flujo continuo entre la formación y las necesidades reales del mercado, en especial para impulsar las transiciones digitales y verdes (electrónica avanzada, movilidad eléctrica, inteligencia artificial, fotónica, etc.).

El reto de fondo es integrar el «**circuito del talento**» y garantizar una gobernanza compartida de la formación, desde las vocaciones tempranas hasta el desarrollo de perfiles altamente especializados. Un enfoque integral, estructurado y sostenido permitirá que España refuerce su posición en la política europea de semiconductores y garantice una base de talento robusta para afrontar los desafíos tecnológicos del futuro.

# EL ROL DE LAS ADMINISTRA CIONES REGIONALES Y LOCALES

# 07.



En España, las iniciativas públicas de mayor calado, como el PERTE Chip, han sido diseñadas por el Gobierno español e impulsadas desde la Administración central para consolidar el ecosistema nacional de microelectrónica. En este contexto, sin embargo, muchas Administraciones regionales y locales están haciendo sus propias estrategias para desempeñar un papel clave en el apoyo al sector con funciones desde la detección de oportunidades, ayudar a atraer talento e inversiones, impulsar la industria y crear ecosistemas locales de semiconductores. El presente capítulo analiza dichas funciones diferenciadas por cada Administración con ejemplos de las iniciativas regionales de Cataluña, Galicia, País Vasco, Comunidad de Madrid y de los ayuntamientos de Madrid, Barcelona, Málaga y Las Rozas, extrae elementos comunes y propone medidas para fortalecer su papel en coordinación con el Gobierno central y el tejido empresarial. No olvidemos que en España, con su Administración fuertemente descentralizada, muchas de las competencias están transferidas a las comunidades autónomas o a los ayuntamientos, que son los que, por ejemplo, tienen que aprobar permisos o licencias para la construcción de infraestructuras o para dotarlas de servicios o de las que dependen las universidades y centros de FP, las que alimentan con sus iniciativas el emprendimiento o generan ecosistema en el territorio. Parece claro que las Administraciones regionales y locales tienen su papel y hay que ponerlo en valor, a la hora de generar una Estrategia Nacional de los Semiconductores con todos los agentes.

---

## FUNCIONES DE LAS ADMINISTRACIONES AUTONÓMICAS

Las comunidades autónomas analizadas han adoptado enfoques complementarios para impulsar la microelectrónica, en consonancia con sus sectores industriales y capacidades propias. Por ejemplo, desde 2022, la Generalitat de **Cataluña** incluye el desafío de los semiconductores en su Pacto Nacional para la Industria. Ha creado la Alianza de Semiconductores y Chips de Cataluña, iniciativa público-privada que agrupa a todos los agentes del ecosistema catalán (Administración, empresas y universidades) para liderar su transformación bajo el paraguas de Acció. Esta Alianza se estructura en cinco ejes estratégicos:

1. El fortalecimiento de la cadena de valor local.
2. La conexión internacional.
3. La promoción de infraestructuras productivas.
4. El impulso al talento.
5. La transferencia tecnológica.

Así, Cataluña identifica oportunidades globales (por ejemplo, colaborando con misiones europeas, o participando en la Alianza de Regiones Europeas para los Semiconductores –ESRA–) y promueve programas de doctorados industriales y sinergias universidad-empresa con sus ayudas y programas. Destaca también la triple hélice regional que implica la colaboración activa entre la Generalitat, los centros tecnológicos y de investigación de la región y las entidades privadas. Cataluña busca no ir sola en este reto, sino coordinarse con otras CC. AA. y el Estado, y se apoya en los ayuntamientos como punto de encuentro con iniciativas locales.

Por su parte, la Xunta de **Galicia** ha aprovechado la experiencia en fotónica y telecomunicaciones en la que destacan sus agentes. Galicia impulsa la formación de profesionales desde etapas preuniversitarias y con másteres especializados, articulando convocatorias de ayudas. Se han creado dos cátedras CHIP conjuntas: una de ellas, entre la Universidad de Santiago de Compostela y la empresa Televés para el diseño de circuitos microelectrónicos, y la otra, en la Universidad de Vigo, aliada con la Universidad de Twente y el ICFO y las empresas Gradiant, SPARC, Aimen, Navantia, Aluvia Fotonics y Tyndal. Destacan proyectos industriales como SPARC Foundry, una planta de fabricación de semiconductores III-V en Vigo apoyada por fondos PERTE (2 millones de euros) y con participación de varias empresas, entre ellas INDRA, además de la Universidad de Vigo. Además, Maxwell del grupo Televés desarrolla chips de GaN para comunicaciones de alta tecnología contando con financiación del PERTE Chip a través de la SETT. La Administración gallega ha favorecido estas iniciativas facilitando cofinanciación y promoviendo el ecosistema *in situ*, apoyado por la Zona Franca de Vigo. Además, el CESGA (Centro de Supercomputación de Galicia) captó financiación del PERTE Chip para su actividad en supercomputación para el desarrollo de nuevos medicamentos y materiales innovadores y su investigación en diseño y arquitectura de procesadores. En conjunto, Galicia actúa en «detección de oportunidades» identificando nichos tecnológicos y reforzando el tejido industrial mediante consorcios público-privados.

Otro modelo, a la cabeza de la innovación en España, es el seguido por el **País Vasco**, en el que destaca su enfoque sistémico y multisectorial muy apoyado en la industria y sus centros tecnológicos, tratando también de cocrear en proyectos singulares trabajándolos desde la cadena de valor a partir de la detección

de debilidades como el diseño externo o la producción limitada de componentes. Mediante SPRI (la Agencia Vasca de Desarrollo) se ha impulsado el Basque Microelectronics Hub (BMH), un clúster público-privado que integra a la industria vasca y centros tecnológicos y de I+D. Tras la crisis global, Euskadi identificó la microelectrónica como estratégica por su impacto directo en la actividad de la industria vasca y lanzó BMH para revitalizar la microelectrónica vasca con formación de especialistas, impulso de nuevas empresas y diversificación sectorial apoyándose también en el Clúster de Telecomunicaciones y Electrónica ya existente. El País Vasco enfatiza las oportunidades de demanda local, con industrias tradicionalmente fuertes (automoción, aeroespacial, energías renovables, defensa) que reclaman chips especializados, lo que alinea la estrategia vasca con la europea. Su modelo subraya la necesidad de focalizarse en aplicaciones de nicho y alinearse con Europa, requiriendo inversión pública en infraestructuras. El País Vasco promueve la colaboración interregional (por ejemplo, visitas a centros internacionales de vanguardia) y concentra sus estrategias en SPRI. En suma, el enfoque vasco consiste en impulsar la innovación y creación de empresas locales de semiconductores, apoyando con formación de talento específico y conectando la «oferta» vasca con las necesidades europeas, aspirando a ser parte de la estrategia española y europea, colaborando con otras regiones sobre todo en el nicho del diseño.

La **Comunidad de Madrid** incorporó los semiconductores en su hoja de ruta, creando en 2022 el Clúster de Innovación Tecnológica y Talento en Semiconductores (CITT Semiconductores), que ya cuenta con 78 miembros mayoritariamente empresas, universidades y centros de investigación, asociaciones empresariales, etc. Madrid identifica los chips como un sector estratégico (junto a

farma- y biotecnología, aeroespacial y defensa, audiovisual y videojuegos, centros de datos, digitalización e IA, automoción, movilidad y logística) y con potencial de creación de cadenas de suministro y están trabajando proyectos desde 2022 en su oficina de inversiones, Invest in Madrid. Madrid ofrece una propuesta de valor regional que reúne innovación puntera, entorno empresarial favorable, mano de obra cualificada, disponibilidad de suelo y energía y una conectividad estratégica, además de sectores afines muy desarrollados como son la industria aeroespacial y de defensa, el sector de las TIC y la automoción. La Comunidad forma parte activa de ESRA y colabora con otras regiones a nivel nacional y regional través de sus clústeres. Madrid apuesta por recuperar presencia en el sector mediante la generación de un HUB de Semiconductores de la mano del talento y la innovación de la región, y con la experiencia previa (y las lecciones aprendidas) de haber albergado la fábrica de chips de ATT. Desde el CITT de Semiconductores se ha realizado un estudio de capacidades, y se promocionan alianzas con empresas, universidades, parques tecnológicos y ayuntamientos ofreciendo infraestructuras como la recién creada iniciativa público-privada Red de Salas Blancas de Madrid para apoyar tanto a *start-ups* como empresas instaladas, así como la colaboración con las oficinas de atracción de inversión internacional de la región. En resumen, la Comunidad de Madrid combina la identificación sectorial (prospectiva), el apoyo a la inversión y la mejora de capacidades en línea con la estrategia nacional, con la generación y conexión del ecosistema.

## **FUNCIONES DE LAS ADMINISTRACIONES LOCALES**

Los ayuntamientos analizados actúan como nodos urbanos del ecosistema tecnológico, con funciones adaptadas a su territorio:

El Ayuntamiento de **Madrid** ha incluido el sector de los semiconductores dentro de su Plan Industrial 2025-2027, orientado a la mejora de la productividad y la competitividad en industrias de alto valor añadido. Ha puesto recientemente en marcha una hoja de ruta específica para el sector resultado de una mesa sectorial coordinada por diferentes áreas municipales. Entre sus funciones destacan:

1. La gobernanza colaborativa: coordinación interna del Ayuntamiento para articular las demandas del sector con la creación de una Mesa Local de Chips.
2. La atracción de financiación: asesorar a empresas locales para solicitar ayudas europeas o estatales (PERTE Chip, fondos UE., impulsar una oficina de atracción de inversión, Madrid Investment Attraction, y las ayudas para la aceleración y escalado de *start-ups*.
3. El talento: facilitar visados para investigadores internacionales de sectores tecnológicos y financiar una cátedra interuniversitaria de microelectrónica.
4. Infraestructuras locales: dotar de espacios en la red de factorías industriales de los polígonos de Vicálvaro, Vallecas y Villaverde con laboratorios y *coworking* a precio público reducido y servicios de apoyo a la actividad empresarial en *coworkings* en siete distritos.
5. Comunicación y marca: lanzar la marca Madrid Semicon y organizar eventos con grandes empresas y foros tecnológicos internacionales para promover la ciudad como *hub* de chips.

Este paquete de acciones convierte a Madrid en demandante de tecnología (industria local de alto valor. y en plataforma de atracción internacional.

Por su parte, el Ayuntamiento de Barcelona integra los semiconductores dentro de su agenda económica, Barcelona Impulsa, que potencia la economía del conocimiento. Barcelona dispone de los activos necesarios para convertirse en un *hub* relevante a nivel europeo con centros de investigación referentes en el sector (BSC y ICFO., empresas internacionales como CISCO-Systems, INTEL, Monolithic Power Systems o iniciativas de investigación como Neuron IP o los proyectos OpenChip e Innofab, propiciando la tracción del talento e inversiones internacionales en el desarrollo de chips y tecnologías avanzadas especialmente en la fase del diseño.

Desde abril del 2025, el Ayuntamiento de **Barcelona** forma parte de la Comisión para la Gobernanza de la Alianza de Semiconductores y Chips de Cataluña, cooperando con la iniciativa público-privada regional, y buscando no solo impulsar la economía regional, sino también contribuir con la autonomía estratégica europea.

Las políticas municipales en torno a la estrategia de semiconductores se articulan en cuatro ejes:

1. Posicionamiento: La ciudad impulsa la estrategia de la Barcelona Innovation Coast (atendiendo al espacio geográfico ampliado de la Gran Barcelona., el aterrizaje de empresas tecnológicas y la internacionalización, en estrecha colaboración con el Gobierno autonómico.
2. Talento: El talento y el empleo cualificado incentivan la creación de puestos de alta cualificación. El Ayuntamiento lo potencia mediante proyectos como el Crea Feina Investiga para la contratación de investigadores; y especialmente fomentando la contratación femenina. Además, en transformación digital, a través de Barcelona Activa, ofrece capacitación y apoyo al emprendedor en deep-tech (Quantum, IA,

Chips. y organiza el Deep Tech Summit con una línea en semiconductores. También apoya la formación con programas de *reskilling* y *upskilling*, y promueve cátedras universitarias (Chips, Quantum. y programas de formación profesional especializados.

3. Inversión: El Ayuntamiento de Barcelona ha invertido en dos fondos del ecosistema innovador de la ciudad, del que también se puede beneficiar el sector de los semiconductores: Deep Tech Fund (10 millones de euros y el Barcelona Investment Fund (30 millones de euros. Asimismo, apuestan por la transferencia de conocimiento con programas de apoyo a infraestructuras científicas.
4. Internacional: Apuesta por el posicionamiento internacional, practicando la diplomacia científica junto a la Generalitat, buscando relaciones con otros clústeres (por ejemplo, gestiona relaciones con Bruselas y otras ciudades europeas. y teniendo presencia en ferias internacionales de referencia como Semicon.

En conjunto, Barcelona actúa como catalizador local: mejora el ecosistema urbano, atrae empresas y capital humano, y complementa con ciudad inteligente («Smart City»). las iniciativas autonómicas.

El Ayuntamiento de **Málaga** es un caso paradigmático de cómo una ciudad se puede transformar mediante la atracción de proyectos intensivos en innovación. Sus actuaciones se alinean con la estrategia andaluza de innovación, atendiendo fundamentalmente a la demanda empresarial. Colabora con AMETIC y con las universidades andaluzas, coordinando una fundación público-privada, el Instituto Ricardo Valle, enfocado en microelectrónica para espacio, agro, defensa y movilidad, con más de setenta empresas y centros de investigación de Granada,

Sevilla, Málaga, Córdoba, etc., en Andalucía y algunos centros de otras regiones (como Eurecat, Circe o Tecnalía) trabajando en proyectos de chips. Málaga impulsa laboratorios por misiones temáticas y ha propuesto un *syllabus* de máster en electrónica propuesto por AMETIC al PERTE Chip. También trabajan en la atracción de fondos internacionales (IPCEI, *Chips Act*) y son parte de ESRAs, representando a la región de Andalucía.

El Ayuntamiento de Málaga ha impulsado dos ejes:

1. Infraestructura y ecosistema: En el Parque Tecnológico de Andalucía en Málaga se planea un polo de semiconductores con sala limpia para *start-ups*, y se reservan suelos e infraestructuras (agua, energía. para nuevos proyectos como el de IMEC Málaga, que ya está en construcción.
2. Formación y conocimiento: Promueve programas de microcredenciales, másteres y doctorados, incluso cátedras.

Málaga se presenta como «casa común» regional enfocada en aplicaciones de movilidad y defensa, sensores de automoción y comunicaciones. Su modelo es muy participativo con empresas y soporte estatal, regional y municipal, integrando el talento local con la iniciativa privada.

Finalmente, el Ayuntamiento de **Las Rozas** de Madrid, aunque es un municipio más pequeño (100 000 habitantes), actúa como ciudad innovadora muy activa. Preside la Red Española de Ciudades Inteligentes (RECI) y promueve la calidad de vida, el emprendimiento y el empleo tecnológico. A nivel empresarial es la segunda ciudad de la Comunidad de Madrid con 10 500 *start-ups* y el 14 % de la facturación empresarial en España. Su iniciativa a través de la empresa pública Las Rozas Innova busca acelerar la innovación mediante:

1. Desarrollo tecnológico.
2. La conexión del ecosistema.
3. La atracción de la inversión.

Han realizado un mapeo del ecosistema de semiconductores y actualmente cuentan con pocas empresas afines, aunque esperan que crezca el ecosistema. Se centran en el apoyo al emprendimiento incipiente con planes de incubación para escalar *start-ups* y promoviendo la transferencia de conocimiento mediante la celebración regular de foros universidad-empresa. Ha creado un *hub* de innovación con más de 50 *start-ups* y 180 usuarios.

En el sector de los semiconductores están generando una nueva línea de trabajo con:

1. Mapeo, aprendizaje, exploración y *networking* en el sector.
2. Cooperación entre Administraciones.
3. Selección de nichos en los que aportar valor.
4. Capacidades de la ciudad para la conexión de agentes, talento joven y emprendedores.
5. Relación estrecha con Taiwán y sus organismos (TCA, Aceleradoras HW, ITRI...), completando su tercer viaje de conexión con TSMC.

El Ayuntamiento de Las Rozas ejemplifica cómo un Gobierno local puede aspirar a crear un ecosistema embrionario de semiconductores centrado en emprendedores y jóvenes tecnólogos.

## ELEMENTOS COMUNES Y FUNCIONES COMPLEMENTARIAS CON LA ADMINISTRACIÓN CENTRAL

Estos análisis nos han permitido detectar que las Administraciones regionales y locales comparten varios elementos clave en sus intervenciones en semiconductores. La mayoría apuesta por la colaboración estrecha entre Administración, empresas y academia. Todos destacan la creación de **alianzas público-privadas** para fortalecer la cadena de valor local (Cataluña, Euskadi y Madrid con sus alianzas sectoriales y clústeres, Málaga con su fundación multiempresa, etc.). Esta colaboración constituye un espacio «donde generar proyectos de misión» y compartir recursos de I+D.

Además, las CC. AA. y ayuntamientos impulsan convenios de formación dual, cátedras o másteres especializados para formar especialistas. Apoyan programas de doctorado industrial y reclutan talento internacional (facilitando visados para investigadores, por ejemplo). En todos los casos se reconoce que la escasez de profesionales cualificados es un reto y se proponen medidas complementarias al Estado (p. ej., formación profesional avanzada en chips).

Las Administraciones territoriales trabajan como «embajadas» para sus regiones. Apoyan la participación en redes europeas (misiones ESRA, Open Innovation Test Bed europeos) y la imagen de marca regional en semiconductores. Algunos buscan aliados fuera de España (visitas a TSMC y Taiwán, acuerdos con centros como IMEC, etc.). Esto complementa la diplomacia industrial del Gobierno central, que lidera acuerdos macro (Chips Act, IPCEI). Las entidades locales aportan conocimiento del tejido productivo y contexto local para materializar esas alianzas.

A nivel regional se identifican «sectores tractores» y se orientan las políticas industriales. A nivel local se adaptan el suelo industrial y los incentivos. En conjunto, las competencias autonómicas (educación, ordenación territorial, innovación) y municipales (suelo, contratación pública, servicios sociales) son complementarias a las estatales (coordinación de la política industrial, etc.). Por ejemplo, el Estado gestiona la adjudicación de PERTE o fondos europeos, mientras las regiones aportan contrapartidas o aceleran los proyectos locales.

Todas las Administraciones buscan fomentar un **ecosistema sostenible e interconectado**. Por ejemplo, se comparten objetivos como la soberanía tecnológica, la diversificación industrial y la transición verde/digital. También existe conciencia de que las dificultades (p. ej., infraestructuras energéticas, agua, logística) requieren soluciones. No obstante, cada nivel aporta su valor añadido: las CC. AA. conocen

sus necesidades sectoriales (p. ej., Euskadi su electromovilidad, Andalucía su agroalimentación tecnificada, Madrid su sector aeroespacial y Cataluña la automoción y el sector tecnológico) y las ciudades pueden innovar con programas piloto urbanos (*smart cities* con chips en gestión de tráfico, energía, salud). La clave es la coordinación complementaria al Estado, que marca grandes líneas de financiación e internacionalización (PERTE, *Chips Act*). Así, las CC. AA. adaptan esas líneas a sus capacidades y competencias y los ayuntamientos facilitan la implementación local y la conexión con empresas tecnológicas, habiéndose constituido ambas Administraciones, por derecho propio, en agentes del ecosistema de semiconductores. Impulsar su participación en un nuevo esquema de Estrategia Nacional de Microelectrónica y Semiconductores puede acelerar la movilización y la ejecución de fondos, y acelerar el sector desde su cercanía con el sector productivo en el territorio.

**OPORTUNIDADES  
ESTRATÉGICAS  
EN LA CADENA  
DE VALOR DE  
SEMICONDUCTORES  
Y RETOS ACTUALES  
DEL ECOSISTEMA  
ESPAÑOL**

**08.**



## OPORTUNIDADES ESTRATÉGICAS EN LA CADENA DE VALOR

El acelerado cambio tecnológico y geopolítico en torno a la industria de los semiconductores genera diversas oportunidades estratégicas que España puede aprovechar para mejorar su posición en la cadena de valor global. Estas oportunidades surgen tanto de estímulos externos —tales como las iniciativas europeas de apoyo al sector o la aparición de nuevos nichos de mercado— como de ventajas comparativas internas, vinculadas a las fortalezas nacionales ya descritas. A continuación, se identifican las principales **áreas de oportunidad**, desde la participación en programas internacionales y alianzas estratégicas, hasta el desarrollo de segmentos específicos de la cadena de valor en los que España puede destacar, como el diseño de chips abiertos, la fotónica, el empaquetamiento (ensamblado) avanzado o las aplicaciones cuánticas y muchos otros aspectos debatidos en el Grupo de Trabajo.

## INTEGRACIÓN EN LAS INICIATIVAS EUROPEAS Y CADENAS DE SUMINISTRO GLOBALES

Una primera gran oportunidad proviene del contexto europeo favorable. La Unión Europea, consciente de su retraso relativo en el sector de los semiconductores, ha desplegado un amplio **marco de apoyo** (regulatorio y financiero) para estimular la inversión en el sector dentro de Europa. Esto incluye la mencionada EU Chips Act, con fondos estimados en 43 000 millones de euros, y los IPCEI (Proyectos Importantes de Interés Común Europeo) específicos en microelectrónica, que permiten a los Estados miembros cofinanciar proyectos estratégicos a gran escala. España puede y debe aprovechar al máximo estos instrumentos. De hecho, se estima que podrían canalizarse hacia participantes españoles a través del próximo IPCEI de

microelectrónica hasta 500 millones de euros, siempre que se presenten proyectos sólidos y cooperativos con otros países. Esto representa una oportunidad financiera sin precedentes para modernizar fábricas y crear capacidades nuevas (p. ej., una planta de fabricación especializada) o desarrollar proyectos de I+D de alto impacto en consorcio con otros actores europeos.

Asimismo, la dinámica global de diversificación de las cadenas de suministro (motivada por la escasez de chips de 2020-2021 y las tensiones geopolíticas) está llevando a grandes fabricantes a **expandir su presencia geográfica**. Si bien las inversiones más grandes en nuevas fábricas en Europa se están concentrando en países como Alemania (p. ej., Intel, TSMC), Italia y Francia, España puede encontrar su espacio atrayendo proyectos complementarios (especialmente en nodos *legacy*, muy estratégicos). Las alianzas con líderes internacionales del sector constituyen una vía estratégica, y un ejemplo, ya en marcha, es la colaboración con IMEC, el centro de investigación microelectrónica de referencia mundial con sede en Bélgica, y su nuevo proyecto en Málaga. La colaboración con IBM en el ámbito cuántico (a través del Basque Quantum Center) es otro ejemplo exitoso de cómo una alianza bien enfocada puede situar a España en el mapa global de una tecnología emergente. Este tipo de alianzas internacionales brindan a España una oportunidad única de acceso a tecnología de vanguardia, redes comerciales globales y capital especializado, acortando la curva de aprendizaje del ecosistema nacional. En resumen, la estrategia de internacionalización y participación activa en los programas europeos y consorcios globales ofrece la posibilidad de apalancar recursos externos y posicionar a España como socio fiable en proyectos de semiconductores, lo cual a su vez atraerá más inversiones y talento al país. Es importante seguir apostando por esta vía, para proyectos únicos a nivel global en el sector de los semiconductores.

## OPORTUNIDAD DE POSICIONARNOS EN LAS DISCUSIONES EUROPEAS PARA LA CONTINUACIÓN DE LA CHIPS ACT

Las circunstancias coyunturales que dieron lugar al PERTE Chip y la *Chips Act*, apoyados por los fondos europeos de resiliencia, se han evaporado, aunque la necesidad de fortalecer el sector y mitigar las dependencias de terceros siguen igual de presentes, si no se han visto, incluso, incrementadas con los nuevos paradigmas geopolíticos recientes. El contexto, en cualquier caso, es otro y es necesario un nuevo marco en la UE para seguir incentivando el sector de los semiconductores. Es importante que activemos una participación temprana en la nueva política de los semiconductores con una voz cohesionada como país y participada no solo por el Gobierno, sino por los agentes del sector.

Un buen punto de partida para ello ha sido el documento «Microchips España 2025, hacia una Nueva Estrategia Europea de Semiconductores», que es un informe estratégico elaborado por un grupo técnico de más de treinta expertos del ecosistema español de semiconductores. Este grupo se constituyó en el marco del congreso Chip Nation, celebrado en diciembre de 2024 en Valencia, y fue coordinado por AESEMI (Asociación Española de la Industria de Semiconductores) y el Valencia Silicon Cluster (VaSiC). El informe se alinea con las directrices del Informe Draghi, que propone una reforma de la *European Chips Act* para reducir la burocracia, incrementar la financiación, mejorar la flexibilidad y fomentar la colaboración con el sector privado. El documento contiene 5 declaraciones y 34 recomendaciones técnicas orientadas a:

- Reformar la *European Chips Act* para reducir la burocracia, incrementar la financiación y mejorar la colaboración público-privada.

- Desarrollar una nueva estrategia española de semiconductores que dé continuidad al PERTE Chip y se alinee con las directrices europeas.
- Implementar un programa nacional de adquisición de competencias tecnológicas (Tech Skills Acquisition Program) en coordinación con las cátedras universitarias de microchips.
- Fortalecer la soberanía tecnológica europea mediante la inversión en capacidades de diseño y fabricación de chips.

El informe ha sido entregado a diversas instituciones, incluyendo la Comisión Europea, el Parlamento Europeo y el Gobierno de España, y se considera un documento vivo que seguirá incorporando aportaciones durante su proceso de implementación. En la segunda reunión de este grupo de trabajo, celebrada recientemente en Barcelona, se ha reconstituido el objetivo del grupo hacia la elaboración de un memorando español para la reforma de la *Chips Act*, que seguirá afinándose en la tercera reunión del grupo en Madrid, con intención de participar de forma activa en la próxima *European Chips Act*.

## LIDERAZGO EN NICHOS DE DISEÑO Y GENERACIÓN DE PROPIEDAD INTELECTUAL (IP)

Dada la fortaleza española en diseño microelectrónico, existe la oportunidad de especializarse y **liderar ciertos nichos** de diseño de chips e IP a nivel internacional. Uno de esos nichos, ya mencionado en este informe, es el de las arquitecturas abiertas RISC-V y procesadores de altas prestaciones. España ha tomado ventaja temprana en RISC-V gracias a proyectos como los del BSC, y puede consolidarse como un *hub* europeo de diseño RISC-V. Esto no solo significa contribuir a la hoja de ruta de procesadores

Europeos (por ejemplo, a través del proyecto European Processor Initiative, donde BSC lidera el desarrollo de aceleradores vectoriales), sino también aplicar RISC-V en sectores verticales donde haya demanda específica y dependencias en IP de terceras partes. Un caso con gran potencial es el de la automoción, ya que la industria automovilística está migrando hacia vehículos inteligentes y eléctricos que requieren multitud de chips (sensores, microcontroladores, unidades de potencia, etc.), y España, como uno de los mayores fabricantes de automóviles de Europa, podría impulsar el desarrollo de chips automotrices basados en RISC-V. De hecho, ya hay proyectos piloto colaborativos para incorporar procesadores RISC-V en futuros vehículos conectados, lo que abre la puerta a generar propiedad intelectual propia en este enorme mercado emergente. Otro nicho de oportunidad en diseño es el de los chips de inteligencia artificial de bajo consumo para el IoT. Universidades y empresas españolas están investigando arquitecturas neuromórficas y de computación en el borde (*edge computing*) que podrían traducirse en prototipos de circuitos integrados específicos (ASIC) optimizados para aplicaciones de visión artificial, análisis de sensores o comunicaciones IoT de ultra-baja potencia. A nivel europeo, hay fondos dedicados a este tipo de desarrollos (como líneas de investigación en computación, en memoria, etc.), por lo que España puede posicionar propuestas en convocatorias competitivas apoyándose en su masa crítica de investigadores en IA e IoT. Especialmente la IA es un foco de atención prioritario en Europa, atenta a desarrollar capacidades como los centros de datos o la computación en la nube, necesarios para ser líderes en el desarrollo de la IA, y buscando que se instale una planta de nodos avanzados (4 nm) en Europa, con mucha probabilidad de la mano de TSMC, mediante una ampliación de su instalación en Alemania, actualmente en construcción y más enfocada a chips para automoción.

Asimismo, la fotónica integrada, mencionada como fortaleza de país, ofrece la oportunidad de liderar en el diseño de chips fotónicos aplicados a comunicaciones seguras y sensores. En particular, el auge de la computación cuántica distribuida y las redes cuánticas demandará dispositivos fotónicos especializados (fuentes de fotones entrelazados, detectores superconductores y sensores cuánticos, etc.), y España podría desarrollar y patentar componentes en este ámbito aprovechando la sinergia entre sus comunidades fotónica y cuántica. Conviene resaltar que la generación de propiedad intelectual (patentes y diseños) de semiconductores desde España no solo tendría valor tecnológico, sino también estratégico, pues crearía activos que empresas locales podrían licenciar globalmente, mejorando la balanza tecnológica del país. Para capitalizar estas oportunidades de nicho en diseño, es importante seguir reforzando la colaboración academia-industria (por ejemplo, a través de las cátedras y consorcios de diseño) y facilitar el acceso de los diseñadores españoles a tecnologías de fabricación avanzadas para prototipar sus ideas (p. ej., mediante acuerdos con las nuevas *foundries* europeas o con servicios multiproyecto como Europractice, al que ya accedemos gestionado por IMEC). En suma, existe la posibilidad real de que España se haga un nombre en ciertos ámbitos del diseño de chips avanzados a nivel internacional, complementando la oferta de los grandes actores con soluciones innovadoras y especializadas.

## **DESARROLLO DEL SEGMENTO DE ENCAPSULADO Y ENSAMBLAJE AVANZADO (OSAT)**

Una de las oportunidades más destacadas, identificada claramente por los expertos nacionales, es la de fortalecer la posición de España en el segmento de *back-end* de la

cadena de valor, es decir, en las etapas de encapsulado, ensamblaje y pruebas o testeo de semiconductores. A nivel global, el mercado de servicios OSAT está dominado por empresas asiáticas, y se considera un eslabón crítico, pero relativamente deslocalizado de la cadena (muchos chips diseñados en EE. UU./Europa son finalmente encapsulados en plantas de Asia, con el riesgo de brechas de seguridad). Europa cuenta con poca capacidad propia en este ámbito, lo que abre una ventana para que países como España atraigan inversiones o desarrollen capacidades locales de ensamblaje avanzado, complementando las nuevas fábricas de chips que se establecerán en el continente. España ya cuenta, como vimos, con *know-how* industrial en encapsulado (p. ej., Televés para telecomunicaciones, Ficosa en automoción con módulos de cámara, Agnos PCB o Alter Technology TÜV Nord, etc.) y sería necesario generar mayor capacidad en tecnologías de integración heterogénea (montaje de múltiples chips en un mismo módulo, como SiP o *system in package*). Se percibe por tanto la oportunidad de convertir esa base en una oferta comercial a mayor escala. Por ejemplo, España podría impulsar la creación de un centro especializado en ensamblado avanzado, ya sea público-privado o a través de atraer a un fabricante OSAT internacional para que abra una planta en el país. Este centro podría enfocarse en tecnologías de encapsulado emergentes (como empaquetado 3D, *chipselets*, *waffer-level* ensamblado), prestando servicios tanto a *fabless* europeas como a grandes fabricantes que busquen diversificar su cadena de suministro. La visión de los expertos es que las tecnologías de *back-end* y el mercado OSAT representan grandes oportunidades para España, siempre que se articulen políticas de apoyo e incentivos adecuadamente. Desarrollar este segmento traería múltiples beneficios, ya que crearía empleo industrial de alta cualificación, incorporaría a España en fases avanzadas del producto chip (no solo el diseño, sino también su finalización), y proporcionaría

una capacidad europea adicional para mitigar cuellos de botella globales en el suministro de semiconductores. En este sentido, al amparo del PERTE Chip podría destinarse parte de los recursos inicialmente previstos para fabricación a la instalación de una planta de encapsulado. Además, las iniciativas europeas complementarias (por ejemplo, el reciente acuerdo franco-alemán-italiano para un centro de empaquetado) podrían encontrar en España un socio ideal, dado el interés y la preparación existentes. En definitiva, el momento es propicio para que España invierta en el eslabón del ensamblado, convirtiendo una debilidad histórica (la falta de fábricas *front-end*) en una fortaleza futura (centro de excelencia en *back-end*) que, junto con las capacidades de diseño, completaría de forma significativa la cadena de valor interna, así como la europea.

## APLICACIONES EMERGENTES Y NUEVOS MERCADOS

Cabe mencionar las oportunidades ligadas a **aplicaciones disruptivas**, donde los semiconductores jugarán un papel central en el futuro próximo. España, mediante proyectos piloto y campos de prueba, puede situarse en la vanguardia de la adopción de estas tecnologías, generando demanda interna para productos de semiconductores desarrollados localmente.

En particular, la fotónica integrada emerge como un eje tecnológico clave con aplicaciones que van desde las telecomunicaciones y la computación de altas prestaciones hasta sensores LIDAR, biosensores ópticos o interconexiones ópticas en centros de datos o el automóvil. España dispone de capacidades científicas consolidadas en fotónica y de centros tecnológicos e infraestructuras singulares que pueden servir de base para atraer inversión industrial y participar en proyectos europeos estratégicos. La articulación de estas

capacidades en torno a líneas piloto como PIXEurope, y su conexión con necesidades industriales, puede posicionar a España como actor relevante en esta tecnología emergente.

Asimismo, en el ámbito de las tecnologías cuánticas, los semiconductores avanzados serán esenciales para el desarrollo de sensores cuánticos, comunicaciones cuánticas seguras y procesadores cuánticos híbridos. España cuenta con grupos punteros en investigación en materiales cuánticos, nanofabricación y detección de fotones individuales, computación cuántica y tecnologías afines, como el *hub* del País Vasco en alianza con IBM, lo que permite aspirar a una especialización en componentes clave como cavidades ópticas, emisores de fotón único o chips para computación cuántica integrada. Impulsar una estrategia nacional que conecte estos desarrollos con la cadena de valor de los semiconductores y las prioridades europeas en soberanía tecnológica podría traducirse en una ventaja competitiva en los próximos años.

Otros ámbitos podrían estar relacionados con las energías renovables y redes eléctricas inteligentes, en las que el despliegue masivo de electrónica de potencia y sensores en la red ofrece una oportunidad para impulsar semiconductores de potencia (IGBT, MOSFET de SiC/GaN) de producción europea. España, con su apuesta por energías limpias, puede ser banco de pruebas de estas innovaciones y promover la instalación de capacidades de fabricación de componentes de potencia que ayuden a integrar el flujo de energía renovable en la red, lo que se ha convertido recientemente en una necesidad estratégica.

En el sector de la salud, la tendencia hacia dispositivos médicos portátiles y biosensores avanzados para el desarrollo de la nutrición y de la medicina personalizadas requerirá chips especializados y fotónica integrada (por

ejemplo, para laboratorios-en-chip, diagnóstico instantáneo, etc.), área donde los centros españoles de bioingeniería podrían colaborar con el sector microelectrónico nacional para desarrollar soluciones pioneras.

Asimismo, el incipiente campo de la computación neuromórfica y la inteligencia artificial en el borde podrían encontrar en España grupos de investigación activos que, en colaboración con la industria, sienten las bases de productos futuros (chips inspirados en el cerebro para tareas de IA eficientes en energía). Aprovechar estas oportunidades emergentes implica fomentar la interdisciplinariedad, la conexión entre sectores tradicionales y el de semiconductores y mantener una vigilancia tecnológica activa para identificar nichos donde intervenir tempranamente.

## SECTORES TRACTORES PARA EL DESARROLLO DEL ECOSISTEMA DE LOS SEMICONDUCTORES EN ESPAÑA

Los semiconductores y sus tecnologías afines son claramente herramientas habilitantes de múltiples sectores, de forma que fortaleciendo sectores concretos generaremos de forma orgánica un mayor **ecosistema de microelectrónica** que pueda, además, fertilizar varios sectores simultáneamente, ya que algunos requisitos de diseño y prestaciones pueden ser comunes a aplicaciones en diversas áreas. Aunque se podrían considerar también otros, como el sector agroalimentario (para tener muy en cuenta en el futuro, dada la tendencia a la automatización y sensorización, además de los ya mencionados como el sector crítico de la energía y el sector salud), en este informe hemos destacado los sectores más dependientes de los semiconductores como el espacio, la defensa, las telecomunicaciones y el sector automovilístico.

España se encuentra ante una oportunidad singular de fortalecer su posición en el sector espacial mediante una estrategia focalizada en tecnologías críticas y mercados de nicho. Los datos del mercado europeo muestran un entorno competitivo en transformación, donde nuestras fortalezas deben alinearse con las tendencias globales: la autonomía estratégica, la digitalización y la irrupción de nuevos modelos de negocio espaciales. La microelectrónica espacial emerge como un eje transversal de gran importancia, ya que es el corazón de los sistemas satelitales y de los servicios avanzados que de ellos se derivan. Desarrollar capacidades propias en este ámbito, desde el diseño hasta la fabricación y prueba de componentes, traccionado por las empresas españolas fuertes en este sector y el New Space, no solo reduciría dependencias externas, sino que posicionaría a España como proveedor de alto valor en las cadenas de suministro europeas y globales.

La implementación de las prioridades y recomendaciones expuestas más adelante requiere de una coordinación público-privada eficaz. El impulso gubernamental, a través de la Agencia Espacial Española y las políticas de fomento del sector aeroespacial, puede crear el caldo de cultivo adecuado, mientras que la industria debe asumir riesgos calculados e innovar. Si España logra consolidar un tejido industrial sólido en torno a la electrónica espacial, podrá atender las necesidades de sus propios programas (aportando a la seguridad nacional y servicios esenciales) y, a la vez, exportar tecnología a un mercado en expansión. En un mundo cada vez más dependiente del espacio, invertir estratégicamente ahora en estos nichos asegurará la competitividad y la soberanía de España en el ámbito espacial durante la próxima década. La convergencia de esfuerzos en esta dirección hará posible que las ambiciones espaciales nacionales se traduzcan en realidad económica e industrial, beneficiando al conjunto de la sociedad.

El sector de la defensa representa un ámbito crítico en términos de soberanía tecnológica, donde la disponibilidad nacional o aliada de capacidades de diseño y fabricación de microelectrónica avanzada resulta esencial para garantizar la autonomía estratégica. Sistemas de comunicación seguros, radares, sensores, sistemas de guiado, armamento inteligente o capacidades espaciales dependen de componentes electrónicos que deben estar sometidos a los más altos estándares de fiabilidad, tolerancia a entornos extremos y seguridad frente a interferencias externas. España, en el marco europeo y de la OTAN, debe garantizar su acceso a nodos maduros (*legacy*) y capacidades específicas de fabricación de semiconductores para defensa, tanto por motivos estratégicos como por su potencial tractor sobre el ecosistema nacional.

En este contexto, surgen nichos tecnológicos que ofrecen oportunidades de posicionamiento para España, como el desarrollo y producción de dispositivos basados en nitruro de galio (GaN), clave para sistemas de radiofrecuencia de alta potencia, comunicaciones por satélite y radares de nueva generación. Estas tecnologías, que combinan eficiencia energética, robustez y operación en bandas altas de frecuencia, permiten avanzar hacia plataformas militares más compactas, móviles y con mayor capacidad de respuesta. El impulso de capacidades propias en estos ámbitos, en colaboración con centros tecnológicos, universidades y empresas de defensa, permitiría a España reforzar su rol en los programas europeos y mejorar su autonomía industrial en sistemas críticos. En este caso estratégico, el apoyo debe ir más allá de la búsqueda de la eficiencia económica y las necesidades deberían ser cubiertas en gran medida con participación pública, así como reforzando y ampliando los programas coincidentes y poniendo los proyectos financiados por el PERTE Chip a través de la SETT a disposición de las empresas de defensa

españolas, cambiando así las tendencias actuales de vetar, en ciertos espacios y bajo ciertas financiaciones, el desarrollo o la investigación en las tecnologías de defensa.

El sector de las telecomunicaciones representa un entorno altamente exigente en términos tecnológicos, lo que convierte a sus necesidades en una fuente de tracción natural para la innovación en semiconductores y fotónica. Aunque el peso tractor del telco europeo es actualmente limitado, la transición hacia redes abiertas y la integración de la fotónica representan una ventana de oportunidad para que Europa, y en particular España, se repositone en tecnologías clave, especialmente si se apoya en su talento en diseño, capacidades en fotónica y sinergias industriales multisectoriales.

Además, la creciente demanda de componentes avanzados para redes 5G y futuras infraestructuras 6G abre un espacio estratégico para el desarrollo y fabricación de semiconductores especializados en comunicaciones de alta frecuencia, baja latencia y eficiencia energética. España, con centros de excelencia en microelectrónica, investigación en materiales avanzados y redes y una red creciente de *start-ups deep-tech*, puede posicionarse como un nodo relevante en la cadena de valor, especialmente si se promueven alianzas entre universidades y centros de I+D, operadores y fabricantes de equipos. La participación en consorcios europeos y proyectos IPCEI, junto con una estrategia nacional alineada con los objetivos de autonomía tecnológica de la UE, permitiría transformar esta oportunidad en una ventaja competitiva sostenida.

Finalmente, el sector de la automoción se encuentra en plena transformación tecnológica hacia modelos eléctricos, conectados y autónomos, lo que implica una creciente demanda de semiconductores avanzados para sistemas de

potencia, sensores, procesamiento y conectividad. Esta transición convierte al componente electrónico en un elemento estructural del vehículo, aumentando su valor relativo en la cadena de suministro y elevando la necesidad de asegurar capacidades estables y estratégicas de diseño, encapsulado y producción. España, como segundo productor de vehículos en Europa, tiene una oportunidad clara para atraer inversiones y fortalecer competencias industriales vinculadas a la electrónica de automoción, desde la integración de chips hasta el desarrollo de soluciones específicas para fabricantes.

En particular, existe una ventana de oportunidad en el ámbito de los nodos maduros y semiconductores de banda ancha como el carburo de silicio (SiC) o el nitruro de galio (GaN), fundamentales para la electrónica de potencia en vehículos eléctricos y para la gestión eficiente de baterías. Estas tecnologías permiten reducir pérdidas, operar a altas temperaturas y mejorar la eficiencia energética del sistema de propulsión. Así mismo, la irrupción de la fotónica en el ámbito de la movilidad también va a generar cada vez un mayor nicho de actividad. Si se articulan adecuadamente los mecanismos de colaboración entre el ecosistema automovilístico, los centros tecnológicos y la red de fabricantes y diseñadores de semiconductores, España puede convertirse en un *hub* industrial clave para la nueva movilidad inteligente y sostenible, alineado con los objetivos de reindustrialización verde y digital de la Unión Europea.

## **OPORTUNIDADES AL PRINCIPIO Y AL FINAL DE LA CADENA DE VALOR. MINERÍA Y CIRCULARIDAD**

España tiene ante sí la oportunidad de posicionarse como un actor clave en los eslabones iniciales y finales de la cadena de valor de los semiconductores, mediante el desarrollo de una minería moderna y

sostenible de materias primas críticas, así como el impulso a la recuperación, reciclaje y circularidad de componentes electrónicos. En un contexto global marcado por tensiones geopolíticas y restricciones al acceso de materiales estratégicos, disponer de fuentes nacionales de minerales como silicio, galio, tierras raras o wolframio constituye no solo una ventaja competitiva, sino también un activo geo-económico de primer orden. La actualización del mapa geológico, el desarrollo de tecnologías limpias de extracción y el establecimiento de cadenas de suministro trazables podrían situar a España como proveedor responsable dentro del ecosistema europeo.

Simultáneamente, el reciclado de dispositivos electrónicos y el diseño de nuevos métodos para la recuperación de semiconductores y metales valiosos ofrecen un campo emergente de innovación tecnológica y generación de empleo industrial. Se trata de un nicho estratégico que combina sostenibilidad, autonomía tecnológica y generación de capacidades industriales avanzadas, y que puede beneficiarse de la existencia de una red de centros tecnológicos y universidades con experiencia en materiales, residuos y electrónica. España puede liderar en Europa el desarrollo de electrónica verde y contribuir al diseño de una cadena de valor más resiliente y circular, incorporando criterios ambientales desde la etapa de diseño hasta el final del ciclo de vida del producto.

Estas apuestas, complementarias a las inversiones en diseño o fabricación de chips, permiten a España construir una propuesta-país diferencial, alineada con el Pacto Verde Europeo y con la visión de una industria de semiconductores más segura, limpia y estratégica. Apostar por estos eslabones también abre oportunidades para regiones no tradicionalmente vinculadas al sector tecnológico, favoreciendo un desarrollo territorial más equilibrado y sostenible.

## **POTENCIACIÓN DE LA FORMACIÓN DE TALENTO E INCREMENTO DE LA MASA CRÍTICA**

Si bien la formación se mencionó como una capacidad, también representa una oportunidad estratégica en sí misma, ya que formar y atraer talento a gran escala puede diferenciar a España en el panorama de semiconductores, ayudando sobremanera a la atracción de nuevas inversiones. La escasez de ingenieros especializados es un problema global; países como EE. UU. y Alemania enfrentan dificultades para cubrir los miles de puestos en sus nuevas fábricas y centros de diseño. España puede valerse de su prestigio académico en áreas de ingeniería y ciencias para convertirse en un **vivero de talento** en microelectrónica y campos afines. Para ello, se presenta la oportunidad de ampliar programas ya iniciados con la creación de nuevas titulaciones especializadas, incorporación de módulos de semiconductores en carreras de electrónica/telecom, desarrollo de microcredenciales y cursos cortos para reciclar profesionales de sectores afines, etc. La articulación de las Cátedras del PERTE Chip a lo largo del país puede servir de red de nodos formativos que, coordinados, tengan un impacto nacional. Estos nodos pueden además ayudar a integrar un ecosistema disperso conectando diferentes comunidades autonómicas en torno a objetivos comunes.

Existe también la oportunidad de lanzar campañas de sensibilización y atracción de vocaciones que mejoren la percepción social de la microelectrónica, haciéndola más atractiva para los jóvenes talentos (combatiendo así esa imagen de campo complejo o poco conocido que actualmente desalienta a potenciales estudiantes). En este apartado, la colaboración entre el sector público, el educativo y las propias empresas es fundamental e implica desde incluir retos de diseño de chips en concursos

estudiantiles, hasta la difusión en medios del impacto de los semiconductores en la vida cotidiana; todo suma para inspirar a una nueva generación de profesionales.

Otra ventana de oportunidad es la atracción de talento extranjero o la recuperación del talento español en el exterior. Programas de retorno de investigadores, o facilitar que profesionales extranjeros formados se establezcan en España (aprovechando ventajas comparativas del país en calidad de vida, etc.), podrían rápidamente aumentar la masa crítica de expertos en el ecosistema. En suma, invertir en talento no solo es una necesidad, sino una oportunidad de posicionamiento en la que España puede destacar como un país que ofrece capital humano preparado para empresas que buscan precisamente ubicaciones con disponibilidad de ingenieros.

En resumen, las oportunidades estratégicas para España en la cadena de valor de los semiconductores son numerosas y variadas y pasan por integrarse plenamente en la dinámica europea (captando inversiones y colaboraciones internacionales) hasta liderar segmentos específicos como el diseño RISC-V o el ensamblado avanzado, pasando por apostar decididamente por la formación de talento y la exploración de mercados de futuro como el de las tecnologías fotónicas y cuánticas, y el apoyo a los sectores tractores nacionales.

No obstante, capitalizar estas oportunidades requerirá superar ciertos obstáculos y retos que actualmente limitan el crecimiento del ecosistema nacional. En la siguiente sección se analizan dichas barreras, con el fin de entender cómo enfrentarlas mediante acciones concretas que se concretan en las propuestas del grupo.

## BARRERAS Y RETOS ACTUALES DEL ECOSISTEMA ESPAÑOL

A pesar de las fortalezas y oportunidades señaladas, el ecosistema de semiconductores en España aún se enfrenta a **importantes barreras** y retos que deben abordarse para alcanzar el nivel de desarrollo deseado. Muchos de estos desafíos son estructurales y vienen de lejos, producto de años de escasa presencia en este sector, mientras que otros son coyunturales o se derivan de la aceleración reciente de las ambiciones, lo que ha puesto de manifiesto debilidades que antes pasaban inadvertidas. A continuación, se describen los principales retos identificados, los cuales van desde la fragmentación y el tamaño limitado del ecosistema hasta las carencias de financiación sostenida, pasando por desafíos en el acceso al talento, la percepción social y la dependencia exterior en fabricación.

## FRAGMENTACIÓN DEL ECOSISTEMA Y FALTA DE MASA CRÍTICA COORDINADA

Uno de los problemas señalados recurrentemente es la **dispersión de esfuerzos** en el ámbito de la microelectrónica en España. Históricamente, las iniciativas y capacidades se han desarrollado de forma aislada en distintas regiones o instituciones, sin una coordinación sólida a nivel nacional. Esto ha dado lugar a varios miniecosistemas regionales cada uno con logros destacables, pero relativamente desconectados entre sí. La ausencia de una masa crítica unificada dificulta competir en proyectos de gran envergadura frente a países donde existe un clúster único y potente. Aunque el PERTE Chip busca precisamente integrar y articular esfuerzos, este aún se encuentra en fases iniciales de implementación y la coordinación entre regiones no es uno de sus objetivos, como si debiera serlo por parte de una Estrategia Nacional eficiente y bien diseñada.

Un riesgo asociado a la fragmentación, además, es la duplicación de esfuerzos y la falta de sinergias, dándose casos en los que varias regiones podrían intentar por separado desarrollar capacidades similares, cuando unir recursos resultaría más eficaz. Los expertos han subrayado la necesidad de una «capacidad integradora» que conecte los distintos nodos del ecosistema, actuando como red nacional. La creación de cátedras compartidas, de consorcios público-privados multirregión o incluso la propuesta de una Agencia Nacional para Semiconductores podrían ayudar en este sentido, pero actualmente se sigue percibiendo el reto de lograr una colaboración estrecha entre todos los actores dispersos.

## **FALTA DE ESTRATEGIA NACIONAL, FINANCIACIÓN SOSTENIDA Y CONTINUIDAD DE LAS INICIATIVAS**

Otro reto crítico es garantizar la **sostenibilidad temporal de los esfuerzos** en semiconductores. Tradicionalmente, las inversiones públicas en este sector en España han sido esporádicas o por proyectos puntuales, sin una planificación a largo plazo que diera estabilidad. El PERTE Chip, nutrido con fondos *NextGenerationEU* de carácter extraordinario, supone un impulso importante, pero aún de naturaleza puntual. Existe la preocupación de evitar el efecto «delta de Dirac» que mencionan los expertos, es decir, un pico de inversión intenso seguido de una brusca caída a cero una vez agotados los fondos iniciales. Para consolidar un ecosistema de semiconductores se requieren décadas de apoyo continuo, como demuestra la experiencia de países asiáticos o de EE. UU. Actualmente, muchas iniciativas en España (laboratorios, *start-ups*, proyectos de chips) dependen de convocatorias o subvenciones temporales; la incertidumbre sobre la financiación futura dificulta la planificación estratégica y

desincentiva a veces la entrada de nuevos actores privados. Además, comparativamente el nivel de inversión privada en I+D de semiconductores en España es bajo, debido a la poca presencia de grandes empresas del ramo en el país. Esto agrava la dependencia de la financiación pública y expone a altibajos presupuestarios.

Por tanto, la falta de mecanismos de financiación sostenida y diversificada es un obstáculo significativo. En particular, la escasez de capital riesgo especializado en *deep-tech* ha sido señalada como una traba para que las *start-ups* de semiconductores escalen. Hasta fechas recientes apenas había fondos españoles invirtiendo en diseño de chips o *hardware* complejo, lo que limitaba mucho el crecimiento de empresas emergentes más allá de la fase semilla. Aunque algunos fondos internacionales (como imec.xpand) empiezan a interesarse por nuestro ecosistema emprendedor, cerrar esa brecha de financiación local sigue siendo un reto. En suma, lograr un flujo continuo de recursos, públicos y privados, en el tiempo es indispensable para no perder el momentum actual, y la incertidumbre al respecto es un riesgo latente. Esperamos que esta incertidumbre se desvanezca con la continuidad de una reformada *Chips Act* en Europa, y el sostenimiento del PERTE Chip para un sector nacional de los semiconductores clasificado como estratégico y con una Estrategia Nacional en colaboración con los agentes.

## **DÉFICIT DE TALENTO ESPECIALIZADO Y PERCEPCIÓN SOCIAL MEJORABLE**

Si bien se está actuando para formar más profesionales, actualmente existe un **déficit de talento especializado** disponible en el mercado español para el desarrollo de semiconductores. Las empresas y centros que quieren crecer

encuentran dificultades para contratar ingenieros de diseño de circuitos, expertos en litografía, etc., por la sencilla razón de que el número de graduados con esas competencias aún es limitado. Muchos profesionales españoles altamente formados en microelectrónica han desarrollado su carrera en el extranjero ante la falta de oportunidades locales en décadas pasadas, y recuperar o reemplazar ese capital humano lleva tiempo.

Por otro lado, la atracción de nuevos estudiantes hacia estas disciplinas aún enfrenta barreras de percepción negativa entre los más jóvenes, ya que, tradicionalmente, la microelectrónica no ha sido muy visible ni comprendida por el gran público en España, lo que redundará en menos vocaciones. Tal como se identificó en el Grupo de Trabajo, es necesario «hacer atractiva la investigación y el desarrollo de semiconductores y la microelectrónica», combatiendo la imagen de campo árido o exclusivamente teórico. Aunque las tecnologías digitales son omnipresentes, pocas veces se destaca el rol central del chip, y eso tiene implicaciones, ya que muchos jóvenes talentos pueden preferir orientar sus estudios al desarrollo de *software* o a la inteligencia artificial, sin considerar la opción del *hardware*, percibido como menos accesible. Mejorar la percepción social es por tanto un reto, que incluye también comunicar a los responsables políticos y al público el valor estratégico del sector (algo que empieza a calar con la crisis de chips reciente, pero que requiere refuerzo constante).

Además, la competencia internacional por el talento es feroz y otros países europeos están lanzando programas de becas, salarios atractivos y facilidades de inmigración para captar ingenieros y científicos, por lo que España debe esforzarse para no quedar rezagada en esa carrera, y sería muy beneficiosa la inversión en desarrollar algunas alianzas internacionales para el desarrollo de talento y proyectos con socios reconocibles de excelencia que estimulen

a nuestros estudiantes. En resumen, aunque se ha iniciado el camino, la escasez de talento cualificado y la necesidad de inspirar a más personas a unirse al sector constituyen un desafío inmediato también para España.

## AUSENCIA DE CAPACIDADES COMPLETAS DE FABRICACIÓN Y DEPENDENCIA EXTERIOR

Un obstáculo estructural importante es que España actualmente **depende casi por completo** del exterior para la fabricación de chips a gran escala, especialmente en nodos avanzados, o a menor escala en nodos legacy. No tener una *foundry* nacional ni participación mayoritaria en alguna europea significa que cualquier chip diseñado aquí debe fabricarse fuera (Taiwán, EE. UU., Alemania etc.), lo que añade costes, tiempos y vulnerabilidades (riesgos geopolíticos, logísticos, brechas de seguridad, vulnerabilidad de las IP, etc.). Esta carencia en el eslabón de fabricación limita la autonomía del ecosistema y, por ejemplo, dificulta reaccionar rápidamente ante emergencias (como producir un chip crítico si las cadenas globales fallan) o proteger la propiedad intelectual sensible. Además, impide aprovechar las economías de aglomeración que surgen alrededor de una gran fábrica (proveedores locales, empleos indirectos, etc.). Aunque atraer una fábrica de nodo puntero es complejo por inversión y requisitos, la ausencia de fabricación local sigue siendo vista como una debilidad estratégica. Incluso en segmentos donde sí podría haber viabilidad (por ejemplo, fabricación de semiconductores de potencia o sensores MEMS, que requieren instalaciones menos costosas), hasta ahora no se ha concretado ningún proyecto fabril significativo. Esta situación hace que España esté supeditada a las prioridades y disponibilidad de *foundries* foráneas. Si bien existen consorcios europeos para compartir capacidad, la soberanía tecnológica plena se ve muy limitada.

Ligada a esta falta de fabricación está la debilidad en propiedad industrial. Muchas patentes clave en semiconductores pertenecen a empresas extranjeras, y sin fábricas tampoco se desarrolla tanto *know-how* industrial que genere patentes locales de proceso de fabricación y diseño. Todo esto conforma un reto complejo: cómo reducir la dependencia externa e incrementar las capacidades productivas propias, al menos en nichos estratégicos, dentro de un país que parte con retraso en ese aspecto.

## TRAMITACIÓN ADMINISTRATIVA Y RAPIDEZ DE EJECUCIÓN, FISCALIDAD

Algunos participantes del ecosistema han señalado **obstáculos de tipo burocrático y organizativo** que pueden frenar la agilidad necesaria en un sector tan dinámico. Por ejemplo, la gestión de los fondos del PERTE Chip debe sortear procedimientos administrativos que a veces ralentizan la llegada efectiva de las ayudas a los proyectos concretos en los tiempos inicialmente comprometidos. Existe el riesgo de que la excesiva burocracia haga perder ventanas de oportunidad (por ejemplo, una *start-up* que necesita prototipar rápido puede ver cómo los apoyos tardan muchos meses en materializarse). Asimismo, la coordinación interinstitucional (entre ministerios, comunidades autónomas, agencias de innovación, etc.) no siempre es fluida o existente, lo que puede generar solapamientos o lagunas en la implementación de una futura estrategia nacional. Mejorar la gobernanza de la hoja de ruta en semiconductores para España, con una dirección clara y simplificación de procesos, es un reto por resolver, para que las iniciativas sean efectivas en tiempos muy competitivos.

Sin duda, simplificar el sistema administrativo para la I+D pública, así como para las ayudas a la innovación privada, es una asignatura

pendiente que solo puede resolverse con decisión política y es una demanda en todos los sectores intensivos en I+D.

En el ámbito de la fiscalidad para la I+D, España cuenta con uno de los sistemas más generosos en deducciones fiscales a nivel formal dentro de la OCDE. Sin embargo, su aplicación práctica se ve limitada por múltiples barreras, lo que ha reducido su efectividad real, especialmente en sectores intensivos en conocimiento como la microelectrónica. Entre las limitaciones actuales destacan:

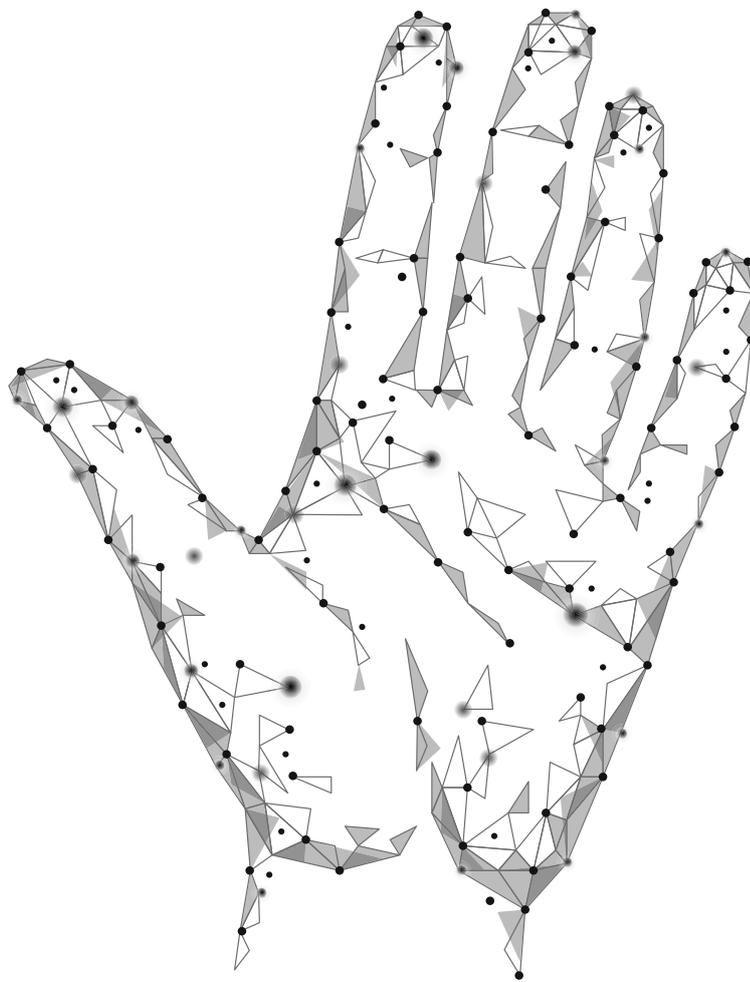
- i. La inseguridad jurídica, con falta de claridad sobre qué actividades son elegibles, y la dependencia de interpretaciones posteriores de Hacienda hacen que muchas empresas sean reacias a aplicar las deducciones sin informes vinculantes previos.
- ii. Largos tiempos de devolución en caso de deducción negativa, lo que desincentiva especialmente a *start-ups* o pymes con beneficios reducidos.
- iii. Alta complejidad administrativa, con exigencias documentales que superan las capacidades de muchas pequeñas y medianas empresas tecnológicas.
- iv. Desigual aplicación territorial, con diferencias notables en cómo las oficinas regionales de la Agencia Tributaria interpretan las solicitudes de deducción.

## COMPETENCIA INTERNACIONAL Y BRECHA TECNOLÓGICA

No se debe olvidar que España compite en un sector global altamente sofisticado donde otros países invierten sumas enormes y llevan una ventaja de décadas. Incluso con todos los esfuerzos, **cerrar la brecha tecnológica** con

líderes como Estados Unidos, Taiwán, Corea o incluso con potencias emergentes como China **es una tarea ardua**. Existe el riesgo de que, pese a los avances, la velocidad de progreso no sea suficiente en comparación a la de los líderes actuales, manteniendo a España (y Europa) rezagada en ciertas áreas críticas. La competencia también se manifiesta en la atracción de inversiones: mientras otros países europeos han conseguido seducir a gigantes como Intel o TSMC, España debe competir con incentivos y condiciones atractivas que generen

ecosistema y ventajas competitivas para no quedar fuera de los grandes mapas de inversión. Este contexto externo actúa como un reto que añade presión, ya que, si España no acelera sus desarrollos, podría consolidarse un reparto de roles en Europa en el que el país quede limitado a tareas menores de la cadena de valor. Para evitarlo, hay que ser realistas sobre las dificultades, pero ambiciosos en las soluciones, buscando acelerar los nichos emergentes, en los que aun podemos competir, haciéndonos imprescindibles en la cadena de valor europea.



# PRO PUES TAS

09.



Finalmente, de cara a consolidar y potenciar el papel de España en la industria global de los semiconductores, es pertinente plantear recomendaciones de políticas públicas, así como para empresas y otros agentes adicionales. Estas propuestas se basan en las lecciones aprendidas hasta ahora y en las prácticas internacionales exitosas, así como los frutos del intercambio y debate de los miembros del Grupo de Trabajo con los expertos invitados, abarcando desde la gobernanza hasta incentivos fiscales y desarrollo del ecosistema y del talento.

---

España ha dado un paso histórico con el PERTE Chip y el alineamiento con la estrategia europea, pero el reto es de largo alcance. Las recomendaciones propuestas buscan **consolidar los cimientos** ya puestos mediante una gobernanza robusta, incentivos atractivos para competir globalmente, una base de talento amplia y una apuesta decidida por la innovación. Solo con estas piezas en su lugar, podrá España afianzar un posicionamiento estratégico en semiconductores, logrando que en la próxima década el país se convierta verdaderamente en ese referente en diseño y fabricación de chips al que aspira el PERTE Chip. Las políticas públicas coherentes, sostenidas en el tiempo, producto de consensos amplios que eviten vaivenes de origen político y diseñadas estrecha y colaborativamente con el sector privado y público especializado, serán el factor determinante para alcanzar esa meta. La oportunidad es única y el momento es ahora, con

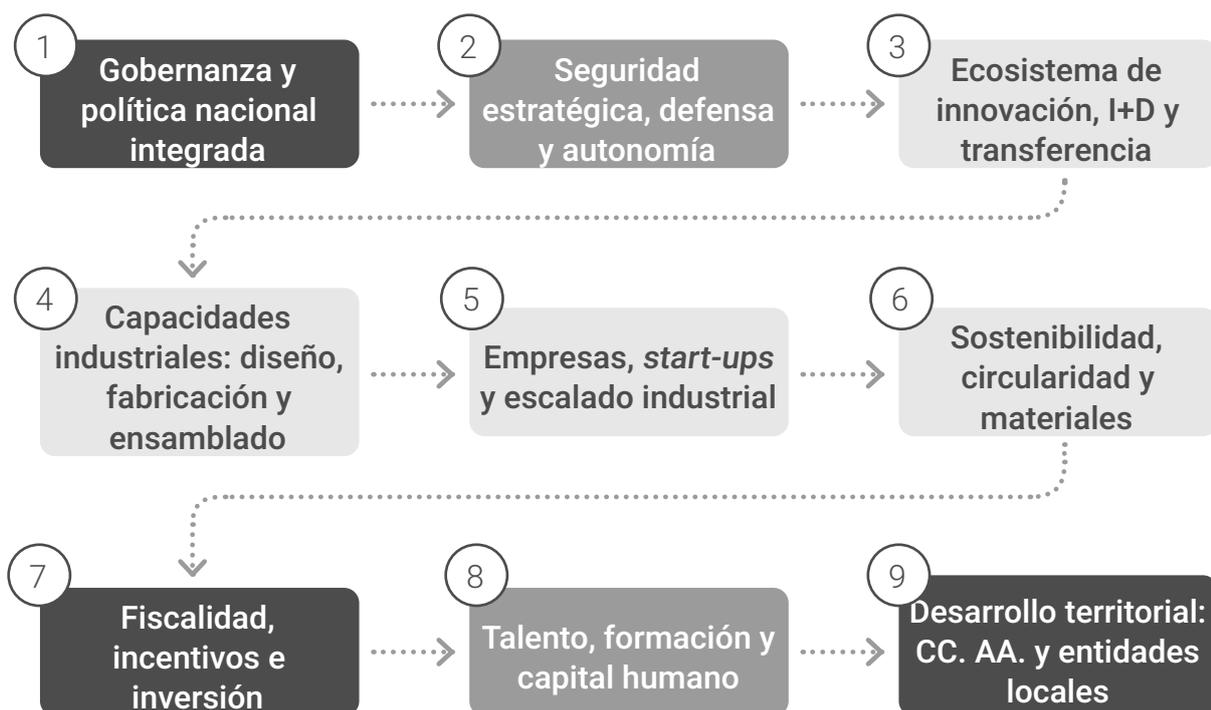
el impulso europeo y nacional convergiendo; las decisiones que se tomen en estos pocos años definirán si España logra subirse al tren de la nueva geopolítica de los semiconductores.

Las propuestas de este Grupo de Trabajo se han ordenado en **nueve ejes** (Figura 29).

Para cada eje, las medidas se han agrupado primero conceptualmente, bajo epígrafes que reúnen propuestas relacionadas, y después se ha ordenado su aparición en función del impacto esperado sobre el ecosistema en una escala de Likert de 1 a 5, según la valoración realizada por miembros del Grupo de Trabajo, y siempre que la posibilidad de implementación o factibilidad se considere alta (cercana a 3 o superior, en una escala del 1 al 5) debido a que hay oportunidad, palancas/o recursos para llevar la medida específica a cabo.

**FIGURA 29.** Ejes estratégicos de las recomendaciones

## Ejes estratégicos de las recomendaciones



## I. GOBERNANZA Y POLÍTICA NACIONAL INTEGRADA

El desarrollo de una industria sólida de microelectrónica y semiconductores en España exige una gobernanza estratégica, coordinada y sostenida en el tiempo. Esta gobernanza debe estar alineada con las prioridades nacionales y europeas en materia de soberanía tecnológica, con prioridades como la competitividad industrial y la seguridad económica, e incorporar a todos los niveles de la Administración, así como a los actores empresariales, académicos y científicos del ecosistema.

### 1. Generar una Estrategia Nacional de Microelectrónica y Semiconductores y órganos para su gobernanza colaborativa

---

Se propone la creación de una Estrategia Nacional de Semiconductores con horizonte 2040, articulada por objetivos medibles, revisable cada cinco años y dotada de financiación plurianual, más allá del ciclo del PERTE Chip o de los fondos europeos, ahora disponibles albergando todos los presupuestos e instrumentos ahora dispersos en distintos programas y actuaciones de varios ministerios u organismos, dentro del mismo paraguas.

En línea con las recomendaciones del Informe Draghi sobre la competitividad europea (2024), la estrategia nacional en semiconductores debe concebirse como un instrumento estructural de política industrial, orientado a reforzar la autonomía estratégica abierta de España en un sector crítico para la soberanía tecnológica, la seguridad y el crecimiento económico. Esta estrategia debe ir más allá del despliegue puntual de fondos europeos y convertirse en una palanca de transformación productiva, alineada con las prioridades de la UE en materia de transición digital y resiliencia. Para ello, se propone que la estrategia nacional articule una colaboración estructurada entre los sectores público y privado, reduzca las barreras administrativas y de escala, y fomente marcos regulatorios ágiles que aceleren la inversión

y la innovación. Asimismo, debe potenciar la capacidad nacional de acción en consorcios europeos y garantizar que España se beneficie plenamente de las nuevas herramientas comunitarias (como el *Chips Act*, el *Net-Zero Industry Act* o el Fondo de Soberanía Europeo en preparación).

La propuesta de AMETIC de una Ley Integral de Microelectrónica y Semiconductores para establecer una base legal estable, que consolide el enfoque de país, proteja los avances logrados y permita una planificación a largo plazo, se ha debatido en el Grupo, concluyéndose que, aunque el impacto puede ser similar, es una opción más factible y con posibilidades reales de implementarse en el corto plazo, la priorización de una Alianza Nacional para los Semiconductores sobre la demanda de una Ley Integral para el sector. Por tanto, se propone la creación de una estructura de gobernanza permanente y transversal de la Estrategia Nacional en forma de Alianza Estatal para los Semiconductores (similar a la alianza establecida para el PERTE Aeroespacial, por ejemplo), con participación público-privada y funciones de coordinación y seguimiento estratégico de la Estrategia Nacional.

## 2. Aprovechar las palancas de la futura Ley de Industria y Autonomía Estratégica

---

Dentro del contexto generado por la Ley de Industria y Autonomía Estratégica, se enfatiza la necesidad de garantizar autonomía tecnológica en componentes críticos, incluyendo no solo los chips más complejos, sino también componentes sencillos pero indispensables (resistencias, convertidores, subsistemas). La producción nacional o europea de estos elementos puede ser determinante para la continuidad operativa de industrias clave en contextos de disrupción global. En esta línea, se recomienda realizar una identificación dinámica de cuellos de botella industriales y oportunidades en productos de baja o media tecnología, pero alto valor estratégico.

Por otro lado, se propone avanzar en la incorporación de los semiconductores a la futura Ley de Industria y Autonomía Estratégica, reconociendo su valor como activo geoeconómico de primer orden, habilitador de otros sectores clave (energía, espacio, defensa, IA, automoción...) y elemento crítico

para la resiliencia económica y la seguridad nacionales. Esta inclusión permitiría priorizar su desarrollo como sector estratégico, habilitando medidas específicas de estímulo, protección y planificación en momentos de tensión internacional o disrupción de la cadena de suministro. Dentro de esta última recomendación, se incluye la de dotar al futuro Consejo Nacional de Política Industrial, que se creará derivado de la nueva Ley de Industria y Autonomía Estratégica, de una estrategia específica para semiconductores como sector clave transversal, integrando su acción con otros PERTE (Industria, Aeroespacial, Energías Renovables, etc.), que se establecerían como instrumento permanente; de este modo, se reforzaría la dimensión intersectorial del ecosistema. Se recomienda, por tanto, la continuidad del PERTE Chip como instrumento para el avance en capacidades e inversiones del sector de los semiconductores, con participación de los agentes del ecosistema en su nueva definición.

## 3. Alcanzar mayor visibilidad internacional en dos direcciones

---

### DEL ECOSISTEMA ESPAÑOL HACIA FUERA

Se recomienda aumentar la visibilidad internacional de España en foros clave sobre semiconductores, I+D, capacidades industriales y tecnologías emergentes e impulsar la diplomacia científica/innovadora de alto nivel. España ya participa en varios órganos de

decisión europeos, pero aún puede mejorar la visibilidad de sus capacidades y creciente ecosistema en los órganos de decisión europeos relacionados con los semiconductores, como el *European Semiconductor Board* y las distintas plataformas del *Chips Act*. A su vez, es crucial reforzar la capacidad del país para representar aún mejor sus intereses en programas de

cooperación tecnológica en el marco de la UE (EDF, programas marco...), la OTAN y la ESA, integrando empresas y centros de investigación españoles en consorcios internacionales y redes paneuropeas de innovación.

#### DEL ECOSISTEMA GLOBAL HACIA ESPAÑA

Finalmente, se subraya la necesidad de mantener una vigilancia tecnológica y geopolítica activa, mediante un observatorio nacional o grupo de expertos permanente que asesore a las autoridades sobre tendencias emergentes, riesgos estratégicos y oportunidades de intervención temprana. Este sistema de inteligencia estratégica

permitiría a España anticiparse a crisis como las vividas durante la pandemia o las tensiones en Asia Oriental, adoptando decisiones basadas en evidencia sobre la evolución del ecosistema global de semiconductores. El sistema de vigilancia tecnológica podría además ser aprovechado por las empresas y las universidades o centros de investigación nacionales, para planificar sus desarrollos y descubrir los nichos de propiedad intelectual abiertos. Esta capacidad podría ejercerse por la Oficina Española de Patentes y Marcas y ser complementada por expertos del Real Instituto Elcano, con expertos invitados del sector de los semiconductores.

#### 4. Activar las sinergias entre las estrategias de semiconductores nacional y regionales

---

La coordinación entre el Gobierno de España, las comunidades autónomas y las entidades locales debe institucionalizarse mediante un foro interadministrativo permanente (como una Conferencia Sectorial de Semiconductores) que asegure la alineación estratégica y el aprovechamiento sinérgico de los recursos. Esta estructura facilitaría la ejecución coordinada de actuaciones financiadas con fondos nacionales y europeos, permitiendo la integración de las

estrategias regionales en la Estrategia Nacional y su articulación en una visión de conjunto. Esta instancia permitiría coordinar acciones, compartir mapas de capacidades y talento, y alinear inversiones con las prioridades del PERTE Chip. El modelo debe inspirarse en experiencias exitosas como las llevadas a cabo previamente por País Vasco, Madrid o Cataluña y facilitar la coordinación entre regiones, también a nivel europeo, y con Bruselas.

## 5. Impulsar unas Jornadas de Semiconductores en Parlamento, Senado y Asambleas regionales

Este tipo de interacción con la clase política se está llevando a cabo, de manera reciente, impulsada por la Asociación Ciencia en el Parlamento (apoyada por Cotec) y la Oficina C del Congreso de los Diputados y aportando los expertos adecuados del sector. Unas jornadas sobre semiconductores servirían para impulsar la formación, actualización y concienciación

de la clase política respecto a la importancia estratégica de este sector. Los programas y formatos pueden ser creativos e incluir mentorizaciones tecnológicas y científicas, visitas a empresas, *start-ups* y laboratorios, además de las clásicas exposiciones en las distintas sedes parlamentarias.

### Propuestas ofrecidas por el Grupo de Trabajo

## EJE I

P1	Diseñar e implementar una Estrategia Nacional de Semiconductores con horizonte 2040, revisable cada cinco años, como palanca de política industrial alineada con la autonomía estratégica
P2	Identificar cuellos de botella en componentes críticos estratégicos y garantizar sus capacidades de diseño, fabricación o aprovisionamiento
P3	Incluir el sector de los semiconductores como estratégico en la nueva Ley de Industria y Autonomía Estratégica, con mención expresa en el Consejo Nacional de Política Industrial
P4	Crear una Agencia, Comisión Nacional o Alianza Estatal para los Semiconductores con participación público-privada
P5	Aprobar una Ley Integral de Microelectrónica y Semiconductores que dote de marco jurídico y financiero estable al sector
P6	Aumentar la visibilidad internacional de España en foros clave sobre semiconductores, I+D, capacidades industriales y tecnologías emergentes. Impulsar la diplomacia científica/ innovadora de alto nivel.
P7	Poner en marcha un sistema de vigilancia tecnológica y geopolítica del sector de semiconductores
P8	Establecer una Conferencia Sectorial de Semiconductores como foro interadministrativo permanente entre Estado y CCAA
P9	Jornadas de Semiconductores en el Parlamento/Senado y Asambleas regionales Formación, actualización y concienciación de la clase política

## II. SEGURIDAD ESTRATÉGICA, DEFENSA Y AUTONOMÍA

El sector de los semiconductores es un componente esencial de la soberanía tecnológica de los Estados, especialmente en áreas como defensa, ciberseguridad, espacio, inteligencia artificial o infraestructura crítica. Para España, garantizar el acceso, diseño y control de tecnologías clave en estos dominios no es solo una cuestión económica, sino una prioridad estratégica nacional en el actual contexto geopolítico.

### 1. Tecnologías duales y acceso a instalaciones y convocatorias de proyectos de defensa

---

Se propone eliminar barreras de acceso a I+D e innovación en defensa: apertura de convocatorias, acceso a infraestructuras, mecanismos de colaboración industrial, etc., una estrategia decidida para desarrollar capacidades tecnológicas propias aplicadas a seguridad y defensa, partiendo de una visión dual que conecte las necesidades militares con los avances tecnológicos civiles y aprovechando el PERTE Chip presente y potencialmente futuro, y la nueva Estrategia sobre Tecnologías Profundas que el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades está poniendo en marcha,

como instrumentos habilitadores, junto con las capacidades del Ministerio de Defensa. A corto plazo, es clave abrir las convocatorias del PERTE a proyectos orientados a uso dual (civil y militar), como la fotónica de defensa, sensores para entornos extremos, chips de computación segura o componentes basados en GaN y materiales III-V. Esto requerirá también modificar barreras actuales como las restricciones de acceso a IMEC Málaga o al Europractice para aplicaciones de defensa, demandas que deberían ser enarboladas por el Gobierno en los foros que correspondan.

### 2. Impulsar el rol de España en consorcios internacionales vinculados a defensa

---

Igualmente, se considera imprescindible participar activamente en consorcios internacionales y programas tecnológicos vinculados a defensa, tanto en el marco de la UE (EDA, Chips JU, Horizon Europe) como de la OTAN. España debe ocupar un rol visible en el

desarrollo de arquitecturas de referencia para IA, sistemas de mando y control o plataformas de comunicaciones seguras, aprovechando estas iniciativas para incorporar sus empresas y centros a futuras cadenas de suministro europeas y aliadas.

### 3. Plan de inversión en microelectrónica estratégica y acceso a nodos maduros y encapsulado

---

Con el compromiso de aumentar el presupuesto en defensa hasta alcanzar el 2 % del PIB en 2029, se abre una oportunidad para destinar una parte significativa de estos recursos a microelectrónica estratégica. Se recomienda diseñar un plan de inversión en tecnologías críticas para la defensa, reconociendo que los chips especializados serán tan determinantes como las plataformas físicas con ámbitos prioritarios como la fotónica integrada y los sensores resistentes a radiación y condiciones de operación extremas para uso dual, la computación de altas prestaciones (HPC) para defensa e inteligencia estratégica, por ejemplo para chips de comunicaciones seguras, criptografía poscuántica, IA embebida para drones o vehículos no tripulados, procesadores de guerra electrónica y componentes para radares de nueva generación.

La creación de un centro nacional de excelencia en microelectrónica de defensa, impulsado por el Ministerio de Defensa en colaboración con universidades, el INTA y agentes industriales. Estos centros deberían liderar proyectos piloto de diseño con acompañamiento industrial y apoyo público. La propiedad intelectual resultante fortalecería la autonomía y abriría nuevas oportunidades de exportación.

El *back-end* es igualmente muy relevante y se necesita un acceso seguro a capacidades de empaquetado nacionales, test, verificación y certificación con estándares de soberanía tecnológica.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que la tendencia futura implica el abandono de los FPGA y la utilización de nuevas arquitecturas que ayudarán a que los nuevos dispositivos integren multifuncionalidad en el menor espacio posible. A medio plazo, por tanto, se propone lanzar un programa específico para el diseño nacional de ASIC y procesadores de propósito específico aplicados a defensa, incluyendo capacidades de fabricación en nodos maduros y tiradas cortas con centros de excelencia distribuidos en universidades, centros tecnológicos y organismos como el INTA o mediante el Centro Nacional de Excelencia en microelectrónica de defensa propuesto anteriormente. La seguridad tecnológica también incluye la capacidad de operar en entornos hostiles o con recursos limitados, lo que requiere mantener acceso a nodos maduros (*legacy nodes*) y tecnologías robustas teniendo una buena base para afrontar en el futuro, no muy lejano, la necesidad de bajar de nodo para aumentar la seguridad física del dispositivo. España puede especializarse en segmentos de tiradas cortas, alta fiabilidad y producción flexible, incluso con plantas de dimensión reducida y mayoría de inversión pública, si es necesario. Hay que tener en cuenta que las nuevas tendencias obligarán en breve a bajar de nodo para aumentar la seguridad de los dispositivos, lo que podría ayudar a plantear una instalación *first of a kind* para defensa, que mantuviese una línea de nodos maduros complementaria.

## 4. Protección de activos estratégicos

---

Otra línea prioritaria es la protección de activos estratégicos, propiedad intelectual y capacidades tecnológicas sensibles. Se recomienda reforzar la propiedad intelectual nacional en tecnologías clave para defensa: ASIC, sensores, seguridad, comunicación segura, etc. El desarrollo de arquitecturas abiertas como RISC-V puede servir como herramienta para reducir dependencias críticas en *software* y propiedad intelectual internacional. Asimismo, el acceso a librerías de IP y los aspectos legales relacionados es un punto crucial donde poner el foco en la protección de los activos estratégicos.

De igual forma, es clave articular un marco regulatorio que impida la adquisición o traslado de empresas nacionales clave a actores no alineados con los intereses de la UE, incluso reformando directivas de competencia si es necesario.

Por otro lado, es recomendable poner en marcha mecanismos dinámicos para evaluar e identificar componentes críticos y dependencias externas de riesgo para defensa y seguridad nacional en función de los distintos contextos geopolíticos.

## 5. Enfoque espacial

---

Finalmente, debe integrarse a esta estrategia un enfoque espacial. Se recomienda desarrollar un programa específico de microelectrónica para el sector aeroespacial, vinculado a la Estrategia Aeroespacial y a la Agencia Espacial Española. La Agencia Espacial Española (AEE) debe priorizar el desarrollo de chips *rad-hard*, sensores y componentes específicos para satélites y misiones críticas, conectando el

PERTE Chip con el PERTE Aeroespacial futuro y reforzando la participación nacional en programas como Galileo, IRIS<sup>2</sup> o Copernicus. Se recomienda, dentro de este programa específico, promover alianzas entre empresas espaciales españolas (grandes y pymes), centros tecnológicos y universidades para desarrollar componentes clave, servicios *downstream* y capacidades de encapsulado y test espacial.

Propuestas ofrecidas por el Grupo de Trabajo

EJE II

P10	Eliminar barreras de acceso a I+D e innovación en defensa: apertura de convocatorias, acceso a infraestructuras, mecanismos de colaboración industrial
P11	Participar activamente en consorcios europeos como el <i>European Defence Fund</i> y en programas tecnológicos de la OTAN
P12	Potenciar tecnologías como la fotónica integrada y sensores resistentes a entornos hostiles para uso dual (civil-militar)
P13	Integrar plenamente el sector defensa en el PERTE Chip, vinculando líneas de diseño, test y encapsulado
P14	Impulsar la computación de altas prestaciones (HPC) para defensa e inteligencia estratégica
P15	Crear un Centro de Excelencia en Microelectrónica de Defensa con participación público-privada
P16	Reforzar la propiedad intelectual nacional en tecnologías clave para defensa: ASICs, sensores, seguridad, comunicación segura
P17	Desarrollar un programa específico de microelectrónica para el sector aeroespacial, vinculado a la Estrategia Aeroespacial Nacional y a la Agencia Espacial Española
P18	Mecanismos dinámicos para evaluar e identificar componentes críticos y dependencias externas de riesgo para defensa y seguridad nacional
P19	Acceso a capacidades nacionales de test, verificación y certificación con estándares de soberanía tecnológica
P20	Fomentar el diseño y producción de ASICs específicos para aplicaciones de defensa, incluyendo capacidades de fabricación en nodos maduros y tiradas cortas

**III. ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN, I+D Y TRANSFERENCIA**

El fortalecimiento del ecosistema español de innovación en semiconductores requiere una política decidida y sostenida de apoyo a la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la generación de propiedad intelectual y la transferencia de conocimiento hacia el tejido productivo. El impulso recibido para la creación de nuevas instalaciones por parte del PERTE

CHIP debe verse complementado potenciando las capacidades y sinergias de los agentes del ecosistema, articulándose en torno a capacidades ya existentes, centros tecnológicos, universidades y empresas, incorporando instrumentos de financiación estables, estructuras colaborativas y mecanismos que reduzcan la brecha entre ciencia y mercado.

## 1. Impulso a una Red Nacional de Salas limpias y Laboratorios Especializados

---

Resulta esencial reforzar la red nacional de infraestructuras de I+D, en línea con la propuesta de consolidar una «fábrica virtual» distribuida de prototipos. Esta propuesta puede implementarse creando una Red Nacional de Salas Limpias y Laboratorios Especializados, interconectados y modernizados mediante fondos públicos. Esta red permitiría a centros académicos, centros tecnológicos y pymes fabricar prototipos y series limitadas sin necesidad de recurrir exclusivamente a instalaciones en el extranjero. La propuesta de operar como una «fábrica distribuida» nacional puede convertirse en un activo estratégico para acelerar la innovación y el escalado industrial, ampliando la ambición

de la infraestructura singular con la que ya contamos, con nodos limitados a tres instituciones en Cataluña, Madrid y Valencia. De forma paralela al refuerzo de sus capacidades de fabricación, se recomienda reforzar el acceso a herramientas de diseño (EDA), a equipamiento para test y empaquetado. Los fondos del PERTE Chip deben servir para modernizar, conectar y especializar estas instalaciones, muchas de ellas ya ubicadas en universidades, CSIC o centros regionales. Esta red debe permitir que grupos de investigación y empresas puedan desarrollar y escalar prototipos funcionales sin necesidad de acudir al extranjero, complementando la línea piloto de coordinación española en fotónica.

## 2. Reformar la normativa para mejorar la ejecución de fondos públicos de I+D

---

Una de las demandas más insistentes de los sectores intensivos en I+D es la necesidad de reformar la normativa que reduce la eficiencia en la ejecución de fondos públicos de investigación e innovación, incluyendo la Ley de Contratación Pública, especialmente para cubrir los proyectos estratégicos de I+D+I. Una de las principales barreras identificadas para el despliegue ágil y eficaz de proyectos estratégicos es la rigidez normativa que rige la ejecución de los fondos públicos destinados a investigación e innovación. En particular, la actual Ley de Contratación del Sector Público, aunque garantiza principios de transparencia y competencia, no está adaptada a las particularidades de los procesos científicos ni a los ritmos que exigen los proyectos de alta

tecnología, donde los cambios metodológicos, la adquisición rápida de equipamiento o la colaboración internacional requieren procedimientos más flexibles y ágiles. Esta normativa, pensada principalmente para obras o servicios generales, introduce tiempos administrativos incompatibles con la naturaleza dinámica de los proyectos de I+D+I, dificultando la contratación de talento especializado, la compra eficiente de suministros críticos o la formalización ágil de colaboraciones estratégicas. Por ello, una reforma adaptada a las especificidades de la investigación permitiría maximizar el impacto de los fondos públicos, fortalecer la competitividad del sistema y responder eficazmente a los retos científicos y tecnológicos del país.

### 3. Refuerzo de la colaboración internacional en I+D y acceso a líneas piloto de la *Chips Act*

---

Asimismo, es prioritario reforzar la colaboración internacional en I+D, consolidando acuerdos con centros como IMEC, CEA-Leti, Fraunhofer o ITRI, permitiendo estancias, codesarrollos tecnológicos y acceso a líneas piloto. Estas

alianzas deben complementarse con la integración activa de grupos españoles en proyectos Horizon Europe, Chips JU, la Agencia Europea de Defensa o la ESA.

### 4. Programa estable y plurianual de investigación colaborativa en microelectrónica y Plan Complementario en Semiconductores

---

En primer lugar, se propone la creación de un programa estable y plurianual de investigación colaborativa en microelectrónica, más allá de convocatorias puntuales, como un programa nacional de misiones o de proyectos estratégicos en semiconductores que fuera, además, una ventanilla única para el desarrollo de estas tecnologías. Este programa debería financiar proyectos de investigación orientada en niveles de madurez tecnológica intermedios (TRL 3-6), promoviendo consorcios entre universidades, centros tecnológicos, start-ups y empresas industriales, con entrada más flexible a todos los socios en igualdad de condiciones para mantener la IP única o conjunta de sus desarrollos (evitando, como sucede en la actualidad en una gran parte de las convocatorias de desarrollo industrial, que las universidades y centros de investigación

entren como subcontratados y no como socios). El programa debe priorizar líneas estratégicas como el diseño de nuevos dispositivos, encapsulado 3D, semiconductores de potencia, fotónica integrada, tecnologías cuánticas o integración con IA.

Se propone, también como parte de la misma recomendación, la financiación de proyectos colaborativos interregionales similares en su diseño (¡no en sus dificultades de ejecución!) a los actuales Planes Complementarios, lo que permitiría generar un Plan Complementario en Semiconductores, en los que varios centros de I+D trabajen con empresas en el diseño de un chip específico o una línea de encapsulado, fomentando la cooperación público-privada a nivel nacional mediante estas colaboraciones regionales con el Estado.

## 5. Impulso a la generación de la propiedad intelectual propia y la innovación abierta

---

Se subraya la importancia de integrar las tecnologías emergentes dentro de la estrategia de I+D en semiconductores. España puede especializarse en ámbitos disruptivos como la computación neuromórfica, la integración hardware-software optimizada, la fotónica cuántica, la electrónica sostenible o el diseño de chips para IA en el borde o las tecnologías cuánticas. Estos campos requieren una vigilancia tecnológica constante, alianzas interdisciplinarias y una cultura de colaboración flexible y orientada al impacto, y se beneficiarían de la generación una red nacional de centros y unidades de excelencia en microelectrónica y semiconductores, conectados con universidades y empresas muy enfocados en la transferencia.

El desarrollo de propiedad intelectual propia es otra prioridad clave. Se recomienda establecer incentivos concretos para que universidades y centros públicos de I+D generen, protejan y licencien diseños, procesos y tecnologías

de microelectrónica, impulsando cambios normativos de mayor calado para mejorar la transferencia. Esto debe ir acompañado de mecanismos de valorización y transferencia tecnológica que favorezcan el emprendimiento y la creación de *spin-offs deep-tech*, facilitando su acceso a capital, clientes e infraestructuras, aprovechando la ventana de oportunidad de la Estrategia de Tecnologías Profundas del MICIU.

Además, deben impulsarse modelos de innovación abierta con la participación activa de grandes empresas tractoras, *start-ups* y centros de I+D y tecnológicos que faciliten la generación de propiedad intelectual. Las Cátedras Chip pueden ser el eje vertebrador de estos procesos, actuando como laboratorios de misión donde confluyan educación, investigación y transferencia, aunque también pueden explorarse otros modelos impulsados por la SETT y las Administraciones regionales y locales con el impulso hacia la coinversión y creación de *venture builders*.

Propuestas ofrecidas por el Grupo de Trabajo

EJE III

P21	Crear una Red Nacional de Salas Limpias y Laboratorios especializados accesibles al ecosistema, que consoliden una fábrica virtual distribuida de prototipos
P22	Reformar la normativa que reduce la eficiencia en la ejecución de fondos públicos de investigación e innovación, incluyendo la Ley de Contratación Pública para proyectos estratégicos de I+D
P23	Fortalecer la cooperación internacional con centros punteros como IMEC, Leti o Fraunhofer para codesarrollo y acceso a líneas piloto
P24	Lanzar un programa estable y plurianual de investigación colaborativa en semiconductores
P25	Implementar un «Plan Complementario» en semiconductores con colaboración estatal y regional
P26	Generar una red nacional de centros y unidades de excelencia en microelectrónica y semiconductores, conectados con universidades y empresas
P27	Mecanismos de valorización y transferencia tecnológica en deep-tech para promover <i>spin-offs</i> , apoyar valorización de resultados y financiar pruebas de concepto
P28	Impulsar la generación de propiedad intelectual en microelectrónica mediante programas de valorización, vinculación con las Cátedras Chip y modelos de innovación abierta

**IV. CAPACIDADES INDUSTRIALES: DISEÑO, FABRICACIÓN Y ENSAMBLADO**

El fortalecimiento de las capacidades industriales en el ámbito de los semiconductores es un pilar esencial para que España se consolide como actor relevante en la cadena de valor europea. Aunque atraer una gran fábrica de nodos avanzados puede quedar fuera del

alcance nacional, sí existen oportunidades claras para desarrollar capacidades específicas en segmentos estratégicos, alineadas con la demanda de sectores trectores como la automoción, la defensa, las energías renovables, el espacio o las telecomunicaciones.

## 1. Capacidades de fabricación/empaquetado en nichos tecnológicos que sirvan a las necesidades de los sectores estratégicos y tractores nacionales

---

Se recomienda, además, articular una estrategia industrial enfocada en capacidades de fabricación especializadas y nichos tecnológicos, como los semiconductores de potencia (Si, SiC, GaN), los sensores MEMS y fotónicos, y los procesos en nodos maduros (legacy), altamente demandados en tiradas cortas para aplicaciones críticas. Se propone lanzar un programa nacional para estudiar la viabilidad y cofinanciación de fábricas de mediana capacidad, en cooperación con socios industriales nacionales o europeos, que operen en estos nichos con alto valor añadido. En paralelo, deben garantizarse accesos seguros y prioritarios a líneas piloto y *foundries* europeas para producción de chips estratégicos, como componentes *rad-hard* para espacio o basados en GaN para defensa.

Otra línea clave es el impulso al ensamblado y ensamblaje avanzado (*back-end*). Se propone

establecer un centro nacional de ensamblado 3D o atraer una instalación OSAT internacional, con capacidad para encapsular y testar productos nacionales o europeos. Igualmente, debe potenciarse la especialización local en testeo (testing) y calificación de componentes (caracterización térmica, radiación...), habilitando capacidades en centros tecnológicos y universidades. Estas infraestructuras completarían el ciclo de producción y darían soporte a fabricantes, diseñadores y *start-ups* del ecosistema.

El apoyo industrial a sectores tractores nacionales podría impulsarse mediante el diseño de nuevas ayudas sectoriales específicas (electrónica para automoción, espacio, defensa y telecomunicaciones, entre otras posibles), pudiéndose aprovechar las palancas de los futuros PERTES y las sinergias necesarias con el PERTE CHIP.

## 2. Impulsar las casas de diseño

---

España debe acelerar el desarrollo de capacidades nacionales de diseño, tanto en universidades como en empresas, priorizando tecnologías donde pueda diferenciarse. Se recomienda apoyar el crecimiento de «casas de diseño» (*design houses*) con orientación sectorial (por ejemplo, chips para automoción, IA embebida, telecomunicaciones o espacio),

así como fomentar la creación de IP propia y reutilizable (librerías estándar, ASIC, procesadores RISC-V abiertos, etc.). Programas específicos de impulso al diseño en defensa, espacio o industria civil permitirían consolidar un ecosistema nacional de diseño y propiedad intelectual exportable.

### 3. Impulso a los centros tecnológicos con capacidades en semiconductores y facilitar el acceso a dichos centros y a las líneas piloto

Como parte de la cadena de valor de la I+D+I para TRL altos, los centros tecnológicos pueden aportar un valor añadido. En la actualidad no son muchos los que cuentan con capacidades orientadas a este sector y hay un margen para su impulso, complementado otras iniciativas como el propio IMEC, de más fácil acceso para

las empresas del sector, sobre todo las pymes y *start-ups* nacionales. Para potenciarlos es necesario establecer líneas de ayuda para el acceso industrial a dichos centros, así como a las líneas piloto en tecnologías emergentes y nodos específicos, dirigidas a pymes y *start-ups*.

**Propuestas ofrecidas por el Grupo de Trabajo**

## EJE IV

P29	Desarrollar un programa nacional de fabricación en nodos maduros y tecnologías robustas, altamente demandados en tiradas cortas de aplicaciones críticas
P30	Crear un Centro Nacional de Encapsulado, Test e Integración avanzada, fortaleciendo las capacidades OSAT ( <i>Outsourced Semiconductor Assembly and Test</i> ) en centros tecnológicos y atrayendo proyectos europeos
P31	Impulsar casas de diseño de chips sectoriales, fomentando propiedad intelectual abierta (como RISC-V), bibliotecas estándar reutilizables, y herramientas EDA accesibles
P32	Establecer líneas de ayuda para el acceso industrial a líneas piloto en tecnologías emergentes y nodos específicos, dirigidas a pymes y <i>start-ups</i>
P33	Diseñar líneas de apoyo industrial específicas a sectores tructores nacionales (automoción, espacio, defensa, telecomunicaciones) para adopción y desarrollo de semiconductores estratégicos

## V. EMPRESAS, START-UPS Y ESCALADO INDUSTRIAL

El crecimiento sostenible de un sector nacional de semiconductores requiere no solo de investigación y formación, sino de un tejido empresarial sólido, con presencia de empresas tractoras, *start-ups* innovadoras, pymes especializadas y proveedores tecnológicos. Esta sección aborda medidas destinadas a estimular la creación de empresas, facilitar su escalado y asegurar su integración en la cadena de valor, con una atención especial a la financiación, el emprendimiento *deep-tech* y la demanda temprana.

### 1. Fondo público especializado en *deep-tech* y apoyo a aceleradoras

---

Se propone la creación de un fondo público-privado especializado en semiconductores y *Deep-tech* (PV.1.1, I = 4,42; F = 3,50) con participación del CDTI, ICO y otros actores inversores (nacionales, regionales e internacionales), que permita financiar las fases tempranas y de crecimiento de *start-ups* en microelectrónica. Este instrumento puede inspirarse en experiencias como imec.xpand o el Chips Fund europeo, y actuar también mediante esquemas de coinversión (*matching funds*) para atraer capital privado hacia empresas tecnológicas de alto riesgo. La recientemente anunciada iniciativa del CDTI junto con el Fondo Europeo de Inversiones (FEI), con la creación de un fondo de inversión nuevo para desarrollos *deep-tech*, Invierte

Deep-Tech Transfer, en seguridad, salud y cambio climático, quizás pueda ser ampliada para cubrir los semiconductores y tecnologías afines.

Para estimular el surgimiento de nuevas empresas, debe reforzarse el apoyo a aceleradoras e incubadoras especializadas, como la iniciativa imec.istart adaptada al contexto español. Estas estructuras deben ofrecer soporte técnico (acceso a herramientas de diseño, prototipado, laboratorios), mentoría tecnológica y de negocio, y conexión con clientes y fabricantes. Se recomienda vincularlas a universidades, parques científicos y Cátedras Chip, fomentando así la transición de la investigación al mercado.

## 2. Innovación abierta

---

Asimismo, se recomienda fomentar la colaboración entre grandes empresas y *start-ups* tecnológicas, mediante programas de innovación abierta que lancen retos tecnológicos a los emprendedores y permitan su integración en cadenas de suministro ya

existentes (por ejemplo, en automoción, defensa y telecomunicaciones). Las empresas tractoras (como Indra, Telefónica, GMV o Grupo Antolin) pueden desempeñar un papel clave como mentores, clientes e inversores estratégicos.

## 3. Medidas para el escalado industrial

---

Para las empresas con tracción inicial en el sector, deben habilitarse instrumentos específicos de escalado industrial, como créditos blandos del ICO para adquisición de equipamiento, coinversión pública para internacionalización o fondos de capital

crecimiento. Además, debe facilitarse el acceso a infraestructuras compartidas (salas limpias, encapsulado, test), servicios legales especializados y redes de proveedores, especialmente para pymes y *start-ups*.

## 4. Compra pública de innovaciones

---

La compra pública de innovaciones (CPI) debe convertirse en un instrumento estratégico para activar el mercado nacional de tecnologías emergentes. Se propone que ministerios, ayuntamientos y empresas públicas actúen como clientes de lanzamiento de soluciones nacionales (chips, sensores, encapsulados), incorporándolos a proyectos piloto en sectores como *smart cities*, defensa, movilidad sostenible o salud digital. Esta estrategia permitiría validar

tecnologías, generar referencias y acelerar el acceso al mercado. Se recomienda la revisión normativa que permita a pymes y *start-ups* el acceso a las compras públicas, utilizando instrumentos que permitan superar los requisitos de solvencia, etc. También es preciso tener en consideración la compra pública precomercial, y su relación con la CPI, como soporte de etapas tempranas del desarrollo tecnológico.

## 5. Visibilidad internacional de las empresas españolas y los centros de investigación

---

Por último, se recomienda reforzar la visibilidad internacional de las empresas españolas del sector y de los grupos de investigación o centros especializados, integrándolas en ferias, misiones tecnológicas y redes europeas (Chips JU, Silicon Europe, Europractice, etc.), en este caso elaborando planes y llamando a la acción a los propios agentes. Complementa a esta recomendación la realizada en el EJE I,

relativa a la necesidad de hacer diplomacia científica y tecnológica como prioridad de nuestros Gobiernos central y regionales, estableciendo sinergias y planes concretos específicos para el sector. La puesta en marcha de ambas recomendaciones facilitará alianzas comerciales, captación de talento y posicionamiento en futuras cadenas globales.

## 6. Buen gobierno y mapa de riesgos

---

También, y en otro orden de cosas, poner foco en la detección temprana del mapa de riesgos por parte de las empresas, incluyendo el impacto de la geopolítica de los semiconductores y las nuevas tendencias tecnológicas y normativas en su actividad, así como su contribución a la autonomía estratégica, es algo que debería inculcarse en las pymes y *start-ups*, al igual que viene siendo impulsado por el buen gobierno corporativo legalmente exigido a las empresas

cotizadas. Este tipo de medidas, junto con otras, contribuiría a tener planes B en momentos de incertidumbres globales, lo cual ayudaría a que sean superados con éxito, a hacer más invertibles a las empresas que están escalando y permitiría reforzar la capacidad empresarial para anticipar riesgos geopolíticos y tecnológicos mediante formación, análisis estratégico, y herramientas de vigilancia tecnológica.

## 7. Impulso a clústeres regionales como conectores y activadores del ecosistema

---

El impulso a los clústeres regionales de microelectrónica es otra palanca fundamental. Estos clústeres pueden actuar como plataformas de cooperación tecnológica, agregadores de demanda y centros de formación e innovación sectorial. Se propone

que cada región con masa crítica (Cataluña, País Vasco, Madrid, Galicia, Andalucía...) consolide su propia alianza de chips y reciba apoyo desde el PERTE CHIP, para su funcionamiento y coordinación a nivel nacional, conectada con la estrategia general.

Propuestas ofrecidas por el Grupo de Trabajo

EJE V

P34	Crear un fondo público-privado especializado en semiconductores y <i>Deep-tech</i> (similar a imec. xpanse o Chips Fund), para financiar fases tempranas y de crecimiento
P35	Fomentar incubadoras y aceleradoras <i>deep-tech</i> vinculadas a universidades y Cátedras Chip, con acceso a diseño, prototipado, mentoría y red empresarial
P36	Fomentar la innovación abierta entre grandes empresas y startups, mediante retos tecnológicos, mentorización y coinversión estratégica
P37	Habilitar instrumentos financieros de escalado: créditos blandos (ICO), coinversión para internacionalización, y acceso a infraestructuras compartidas
P38	Activar la compra pública de innovaciones y precomercial como cliente de lanzamiento de chips nacionales, sensores o encapsulados ( <i>smart cities</i> , salud, defensa, movilidad)
P39	Reforzar la visibilidad internacional de empresas del sector mediante misiones tecnológicas, ferias y redes como Chips JU o Silicon Europe
P40	Reforzar la capacidad empresarial para anticipar riesgos geopolíticos y tecnológicos mediante formación, análisis estratégico y herramientas de vigilancia
P41	Impulsar el desarrollo de clústeres regionales especializados en microelectrónica para coordinar innovación, talento, inversión y cadena de suministro local

**VI. SOSTENIBILIDAD, CIRCULARIDAD Y MATERIALES**

La transformación del sector de los semiconductores no puede desligarse de los principios de sostenibilidad, eficiencia en el uso de recursos y economía circular. Incorporar estos valores desde el diseño industrial y la planificación estratégica puede convertir a España en un referente de la electrónica sostenible y responsable, alineada con los objetivos del Pacto Verde Europeo y con un modelo industrial resiliente y respetuoso con el entorno.

1. Introducir la circularidad en la I+D+I de los semiconductores a través de la Estrategia Nacional

Una primera línea de actuación debe ser la introducción del concepto de circularidad en semiconductores en la Estrategia Nacional propuesta en el eje I, que sirva para fomentar el ecodiseño, la reducción de residuos y el reciclaje avanzado. Se recomienda impulsar programas de I+D específicos para el reciclaje de

dispositivos electrónicos complejos, explorando nuevas metodologías que permitan recuperar materiales críticos de forma eficiente. Las universidades y centros tecnológicos pueden desempeñar un papel clave en esta línea, en colaboración con gestores de residuos y la industria.

## 2. Fomentar las plataformas de recuperación de materias primas en sectores relacionados

---

Se recomienda fomentar plataformas de recuperación de materias primas en sectores relacionados para crear sinergias con la cadena de valor de los semiconductores. El ejemplo más inmediato es el reciclado de paneles solares, ya que en breve las primeras generaciones de instalaciones masivas de paneles en España

habrán llegado al fin de su vida útil y de ellos podría recuperarse silicio, plata y otros elementos secundarios. Pero no es el único: el reciclado de baterías o catalizadores de distintos tipos puede ayudar a recuperar materiales críticos que son insumos relevantes en el sector de la microelectrónica.

## 3. Criterios de sostenibilidad en instalaciones industriales financiadas con fondos públicos

---

Además, se recomienda que las instalaciones industriales financiadas por fondos públicos (como las líneas piloto o centros de prueba) integren criterios de sostenibilidad en su operación, incluyendo el uso de energías

renovables, eficiencia hídrica, reutilización de gases y gestión avanzada de residuos. Esta exigencia debe trasladarse a las convocatorias de ayudas y a los estándares técnicos nacionales del sector.

## 4. Actualización del mapa geológico nacional con nuevas exploraciones de elementos críticos para el sector y apoyar nuevos proyectos de refinado y procesado de materiales

---

Asimismo, debe promoverse la exploración y aprovechamiento sostenible de los recursos minerales estratégicos del país, aprovechando la anunciada actualización del mapa geológico nacional, reactivando líneas de investigación y facilitando nuevas exploraciones con criterios de sostenibilidad que abarquen también el refinado y el procesado de materiales, como por ejemplo el silicio para microelectrónica o el litio, entre

otros. Esto permitiría reducir dependencias externas en materias primas críticas y abrir oportunidades industriales en minería responsable, recuperación y transformación de minerales para la industria de semiconductores, aumentando la participación española al principio de la cadena de valor, no solo en la minería, sino también en nichos de refinado que suponen cuellos de botella en el sector.

## 5. Impulsar la recuperación y valorización de componentes y materiales procedentes de RAEE

---

En paralelo, se deben fomentar los modelos de negocio basados en productos duraderos, fácilmente reparables y modulares, y promover sistemas de ecoetiquetado para productos electrónicos que incluyan trazabilidad del ciclo de vida y que sean adecuados para recuperar y valorizar especialmente de los residuos de

aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Este tipo de actividades aún cuentan con un amplio margen de crecimiento, pues la capacidad europea de reciclado es aún muy reducida, lo que permitiría apostar por un nicho que permitiría posicionar a España.

## 6. Fomento de la electrónica verde para nichos de operación adecuados

---

Desde una perspectiva industrial, se recomienda introducir el concepto de «obsolescencia programada circular», ajustando la vida útil de los dispositivos en función de su capacidad de reciclaje y reutilización. Se trata, en definitiva, de introducir en productos de vida corta, como vapeadores, electrodomésticos de gama blanca y otros semejantes, una línea de electrónica verde que, aunque sin ser altamente integrable, permite la operación con ahorro energético y la recuperación de los materiales utilizados, como el cobre de las placas. Esta área emergente

permitiría el desarrollo de chips energéticamente eficientes y sostenibles siguiendo las tendencias recientes de la electrónica verde. Se propone apoyar proyectos de diseño y fabricación de componentes de ultrabajo consumo, materiales biodegradables o nuevas arquitecturas que reduzcan la huella de carbono del *hardware*. Estas líneas pueden posicionar a España en nichos de innovación verde, como la electrónica para sensores autónomos, IoT sostenible o electrónica impresa en materiales reciclables.

## 7. Lanzamiento de campañas de concienciación ciudadana sobre la importancia del reciclaje de RAEE, la minería actual y la economía circular de los semiconductores

La soberanía tecnológica, y más si está impregnada de los valores europeos en sus formas de hacer, tiene un coste, no solo económico, que finalmente será absorbido por el consumidor. Proporcionar información y conocimiento veraz, para que los ciudadanos estén informados y tengan la capacidad de apoyar el progreso tecnológico necesario, es clave para que muchas de las actuaciones propuestas en este informe puedan llevarse a cabo sin oposición ciudadana debido a percepciones negativas que no siempre se acercan a la realidad ni sopesan los elementos más relevantes. Por ello, el Grupo de Trabajo recomienda lanzar campañas ciudadanas

por parte de las Administraciones y de las empresas tractoras de este sector para informar y concienciar, a pesar de ser conscientes de la incertidumbre sobre el impacto real que este tipo de campañas puede generar en la sociedad.

Finalmente, se destaca la importancia de comunicar estos valores como parte del posicionamiento internacional de España. Una estrategia nacional que combine competitividad industrial con responsabilidad ambiental puede abrir puertas en mercados europeos exigentes y reforzar el atractivo inversor del país, haciéndolo compatible con la necesaria competitividad de nuestras industrias.

### Propuestas ofrecidas por el Grupo de Trabajo

## EJE VI

P42	Diseñar dentro de la Estrategia Nacional propuesta en el Eje I contenidos que impulsen la Sostenibilidad y Materias Primas Críticas
P43	Fomentar plataformas de recuperación de materias primas en sectores relacionados (ej. energía solar) para crear sinergias con la cadena de valor de semiconductores
P44	Incorporar criterios de sostenibilidad y eficiencia ambiental en el diseño de dispositivos y en las infraestructuras públicas, priorizando ecodiseño, trazabilidad, reparabilidad y bajas emisiones
P45	Facilitar las exploraciones mineras y establecer plantas de refinado y procesado de materias primas críticas en territorio nacional
P46	Posicionar a España como referente europeo en recuperación y valorización de componentes críticos procedentes de RAEE
P47	Apoyar proyectos piloto e iniciativas tecnológicas que posicionen a España en semiconductores sostenibles: uso de materiales bio, IA para eficiencia, ecodiseño, reciclaje y bajo contenido en materias críticas
P48	Lanzar campañas de concienciación ciudadana sobre la importancia del reciclaje, la minería sostenible y la economía circular para los semiconductores

## VII. FISCALIDAD, INCENTIVOS E INVERSIÓN

### 1. Fiscalidad para la I+D en España

---

Dado que el sector de los semiconductores requiere inversiones intensivas en I+D con elevados riesgos tecnológicos y largos plazos de retorno, estas barreras son especialmente problemáticas. Por ello, se proponen las siguientes reformas específicas del régimen fiscal de I+D para el sector:

- a) Deducción reforzada para I+D en microelectrónica: Crear una categoría prioritaria dentro de las deducciones fiscales actuales, con un porcentaje bonificado adicional para actividades específicas en diseño de chips, encapsulado, materiales electrónicos, fabricación piloto o IP electrónica.
- b) Crédito fiscal a la colaboración público-privada: Establecer una deducción específica para empresas que financien proyectos en universidades o centros públicos (similar al modelo francés CIR-Collaboration), favoreciendo las Cátedras Chip y el escalado de proyectos académicos.
- c) Mecanismo de «ventanilla única» para certificados fiscales de I+D: Establecer un procedimiento acelerado, con plazos vinculantes y asistencia especializada para

El impulso a la industria de semiconductores en España exige un entorno fiscal y financiero competitivo que estimule la inversión, acompañe el crecimiento de empresas nacionales y atraiga proyectos internacionales de alto valor añadido. Muchos países están desplegando paquetes de apoyo agresivos, combinando subvenciones directas, incentivos fiscales, financiación estratégica y exenciones regulatorias. Para posicionarse adecuadamente, España debe consolidar una propuesta-país clara, coherente y sostenida, que reduzca la brecha frente a competidores globales.

el sector, que reduzca la dependencia de informes *ex post* y ofrezca seguridad jurídica a empresas innovadoras.

- d) Microcréditos fiscales y compatibilidad con subvenciones públicas: Permitir compatibilizar plenamente las deducciones fiscales con ayudas del PERTE Chip, evitando que una subvención reducida anule el acceso al incentivo fiscal. Además, ofrecer la posibilidad de ceder la deducción a inversores industriales que colaboren con centros de I+D.
- e) Incentivos por contratación de talento cualificado en semiconductores: Bonificaciones adicionales a la cotización o crédito fiscal por contratación de perfiles clave (ingenieros de diseño, doctores en microelectrónica, técnicos de sala limpia), similar al modelo del Reino Unido para personal cualificado en sectores críticos.
- f) Devolución anticipada para *start-ups* y pymes *deep-tech*: Permitir la monetización rápida de créditos fiscales por I+D para empresas en crecimiento que no tengan base imponible suficiente, mediante devolución directa o cesión de derechos a terceros inversores.

## 2. Incluir en la Estrategia Nacional de Semiconductores un capítulo específico sobre fiscalidad e incentivos

---

Desde el Grupo de Trabajo se propone que la Estrategia Nacional de Semiconductores incluya un capítulo específico sobre fiscalidad e incentivos, con horizonte plurianual, que detalle los mecanismos fiscales y financieros activos, su evolución previsible y su articulación con los fondos europeos y los programas comunitarios (como Chips JU, IPCEI, Horizon Europe o Digital Europe). Esta transparencia daría certidumbre a los inversores y facilitaría una planificación a largo plazo del ecosistema. Entre otros puntos por incluir, además de los propios de la I+D+I enunciados en el apartado anterior, se contemplan los siguientes:

- a) Incentivos fiscales más amplios para la actividad industrial y empresarial: Una primera medida prioritaria es la implantación de incentivos fiscales, ya sean específicos para el sector de los semiconductores o dentro de políticas industriales más amplias, incluyendo un crédito fiscal a la inversión similar al 25 % contemplado por la *Chips Act* de EE. UU. Este crédito podría aplicarse a inversiones en infraestructuras de fabricación, ensamblado, diseño o test, permitiendo reducir el peso del CAPEX inicial y mejorar el retorno económico.
- b) Bonificaciones en cotizaciones sociales: En el ámbito laboral, se propone habilitar bonificaciones en cotizaciones sociales para empresas del sector que contraten personal cualificado o reconviertan perfiles profesionales hacia funciones relacionadas con diseño de chips, fabricación o test. Estas medidas contribuirían a acelerar la generación de empleo cualificado y facilitar la incorporación de talento.
- c) Promoción de las inversiones. Además de la creación de un Fondo específico como el ya propuesto en la sección V, también se recomienda reforzar la capacidad de captación de inversiones mediante la mejora de infraestructuras industriales (parques tecnológicos con suministros garantizados), la simplificación de trámites ambientales y urbanísticos, y la coordinación con las comunidades autónomas para ofrecer paquetes integrales de localización que incluyan incentivos regionales, formación profesional a medida y ayudas a la innovación.

### 3. Profesionalización de la gestión de incentivos en las empresas medianas y pequeñas

En cuanto a la gestión empresarial de los incentivos, se propone promover una cultura empresarial más proactiva, estructurada y estratégica. Las empresas deben profesionalizar la identificación, solicitud y gestión de ayudas, adoptando una visión multilateral (nacional, europea e internacional), estableciendo procesos internos repetibles y tomando en cuenta la oferta de incentivos al decidir la ubicación de nuevas inversiones o centros de I+D. Esta profesionalización puede multiplicar por dos o tres el retorno de ayudas públicas en comparación con enfoques fragmentados.

Por ello, se recomienda facilitar la gestión empresarial de los incentivos mediante la profesionalización de la tramitación y asesoría técnica especializada, cuyos costes, por ejemplo, pudieran ser gastos elegibles en distintas ayudas sectoriales.

Estas medidas permitirían que la fiscalidad española pasase de ser potencialmente atractiva a ser realmente efectiva y utilizada por las empresas del sector, con un diseño adaptado a sus características tecnológicas, estructurales y temporales.

Propuestas ofrecidas por el Grupo de Trabajo

## EJE VII

P49	Deducción reforzada para I+D en microelectrónica
P50	Incluir en la Estrategia Nacional de Semiconductores un capítulo específico sobre fiscalidad e incentivos
P51	Crédito fiscal a la colaboración público-privada
P52	Mecanismo de 'ventanilla única' para certificados fiscales de I+D
P53	Facilitar la gestión empresarial de los incentivos mediante la profesionalización de la tramitación y asesoría técnica especializada
P54	Microcréditos fiscales y compatibilidad con subvenciones públicas
P55	Incentivos por contratación de talento cualificado en semiconductores
P56	Devolución anticipada para startups y pymes <i>deep-tech</i>

## VIII. TALENTO, FORMACIÓN Y CAPITAL HUMANO

El desarrollo de un ecosistema de semiconductores competitivo y sostenible en España depende, en última instancia, de su capacidad para formar, atraer y retener talento altamente cualificado. La escasez global de perfiles técnicos en microelectrónica hace urgente la articulación de una estrategia nacional que aborde este desafío desde todos los niveles del sistema educativo y del mercado laboral.

### 1. Impulso a la formación en microelectrónica y semiconductores

Se propone la elaboración e implementación de un Plan Nacional de Formación en Microelectrónica y Semiconductores, diseñado de forma coordinada entre el Gobierno, las comunidades autónomas, las universidades, los centros de investigación y las empresas del sector. Este plan debe abarcar desde la formación profesional y los estudios universitarios hasta la formación continua y la atracción de talento internacional. Como parte de esta estrategia, se recomienda poner en marcha las siguientes iniciativas:

- a) El despliegue de nuevos ciclos de Formación Profesional de grado medio y superior orientados a semiconductores y microelectrónica (diseño, encapsulado, sala limpia, fabricación avanzada), en clave dual y con equipamiento actualizado y pasarelas eficientes hacia la educación superior y puesta en marcha de programas piloto que aceleren la formación para dar respuesta a las necesidades del mercado.
- b) La ampliación del número y alcance de las Cátedras Chip, extendiéndolas a más universidades y conectándolas con las prioridades industriales y de defensa, como nodos de formación avanzada y vínculo

estable universidad-empresa. Las cátedras pueden ser el instrumento de impulso definitivo de programas de microcredenciales para reconversión profesional y la coordinación de prácticas formativas entre las empresas del sector.

- c) Diseñar e implementar programas de colaboración internacional para la formación de talento especializado dentro del desarrollo conjunto de proyectos de investigación y la actualización de investigadores y profesionales (para realizar trabajos fin de grado, máster o estancias de doctorado, cotutelas internacionales de doctorados, intercambios de profesores e investigadores o profesionales de las empresas españolas y *start-ups*) con instituciones de referencia en el extranjero, que combinen excelencia científica y tecnológica reconocida, acceso a infraestructuras de fabricación, diseño o test avanzadas, que pertenezcan a ecosistemas de innovación con presencia de *start-ups* y empresas líderes y tengan voluntad institucional de cooperación educativa. Entre ellas se encuentran MIT, Stanford, Georgia tech, IMEC, Fraunhofer, Cea-Letti, Univ. Delft o Eindhoven, Riken University, TSMC University Program, Kaist University, etc.

- d) La creación de nuevos grados y másteres especializados (diseño de chips, test y encapsulado, fabricación y materiales electrónicos...), idealmente interuniversitarios y duales, con una mayor carga de prácticas desde el primer año.
- e) Diseñar un programa nacional de becas y contratos para talento en semiconductores, incluyendo becas de máster y doctorado, doctorados industriales en colaboración con empresas, contratos *tenure-track* para doctores retornados y apoyo al investigador emprendedor, así como estímulos para la movilidad entre centros y sectores, además de mejoras para facilitar el emprendimiento universitario. Deben promoverse alianzas universidad-empresa que permitan a las compañías detectar talento, participar en la formación práctica y mejorar la empleabilidad.
- f) Hacer efectivo un aumento sustancial de la financiación de las universidades y centros de FP para soportar los nuevos esfuerzos, mejorar sus instalaciones docentes y prácticas y atraer el personal docente e investigador necesario para el despliegue de Plan Nacional de Formación propuesto. Las apuestas de impacto nunca son a coste cero.
- g) El establecimiento de un observatorio público de titulaciones, capacidades formativas y necesidades de talento, a partir de experiencias como el directorio de AESEMI.

## 2. Atracción de talento especializado

---

En paralelo, España debe ser capaz de atraer talento internacional especializado. Para ello, se propone establecer un visado tecnológico ágil, junto con incentivos fiscales y programas de atracción como los contratos Ramón y Cajal o figuras similares adaptadas al sector. También es clave fomentar el retorno de profesionales

españoles en el extranjero con medidas específicas, como ventajas fiscales o contratos puente en centros de I+D y empresas, con sueldos atractivos y estabilizaciones a largo plazo. Por ello, se recomienda diseñar un visado tecnológico general y un programa de retorno del talento español en el exterior en microelectrónica.

## 3. Itinerarios formativos basados en el catálogo de especialidades del SEPE

---

Se recomienda diseñar y establecer itinerarios formativos basados en el Catálogo de Especialidades Formativas del SEPE. Estos serían un referente común para la programación de acciones formativas y la orientación profesional personalizada, adaptando la oferta de formación a las necesidades del mercado de

semiconductores y priorizando la empleabilidad de personas desempleadas, prestando especial atención a nichos de oportunidad del sector ya sea en sectores tractores o emergentes (circularidad, extracción, refinado y transformación de materiales...) detectados en el informe.

#### 4. Campañas de divulgación y atracción de vocaciones al sector entre los más jóvenes

La formación debe también acercarse a las nuevas generaciones, en todas las etapas educativas. Se recomienda el lanzamiento de campañas de divulgación y visibilidad del sector que transmitan el valor estratégico y social de los semiconductores, incluyendo acciones como olimpiadas tecnológicas, *hackathons* de

diseño abierto, charlas en institutos o difusión de referentes nacionales, días de puertas abiertas, y movilizar otros formatos con más llegada a las generaciones jóvenes, que no se utilizan habitualmente en este contexto de comunicación, y promovidas desde todos los agentes del sector.

#### Propuestas ofrecidas por el Grupo de Trabajo

### EJE VIII

P57	Impulsar la Formación Profesional dual en microelectrónica, orientada a diseño, encapsulado, sala limpia, fabricación avanzada
P58	Reforzar y ampliar las Cátedras Chip como nodos de formación avanzada, transferencia y vínculo estable universidad-empresa
P59	Diseñar e implementar un Plan Nacional de Talento en Microelectrónica que incluya: nuevas titulaciones universitarias y másteres; impulso a la FP dual; formación continua y microcredenciales; ampliación de Cátedras Chip; prácticas industriales; movilidad internacional; y programas de atracción y retorno de talento
P60	Establecer programas de movilidad internacional y convenios con centros de excelencia como IMEC, Fraunhofer o MIT
P61	Crear nuevas titulaciones de grado, máster y doctorado en microelectrónica, encapsulado, test, diseño VLSI y materiales electrónicos
P62	Articular becas, contratos predoctorales y posdoctorales, <i>tenure-track</i> y apoyo a investigadores emprendedores
P63	Reforzar la financiación estructural de universidades para garantizar personal docente cualificado y laboratorios adaptados
P64	Diseñar un visado tecnológico y un programa de retorno del talento español en el exterior en microelectrónica
P65	Diseñar y establecer itinerarios formativos basados en el Catálogo de Especialidades Formativas del SEPE
P66	Crear un Observatorio Nacional de Talento en Semiconductores para alinear la oferta educativa con la demanda del ecosistema
P67	Lanzar campañas de sensibilización y atracción de vocaciones STEM con foco en microelectrónica, dirigidas a estudiantes, familias y centros educativos

## **IX. DESARROLLO TERRITORIAL: CC. AA. Y ENTIDADES LOCALES**

El despliegue territorial equilibrado del ecosistema de semiconductores en España requiere una implicación activa de las comunidades autónomas y los Gobiernos locales, en línea con sus competencias y con la capacidad de movilizar talento, infraestructuras, empresas y fondos propios. Su papel no es únicamente complementario al del Estado: puede y debe ser estratégico para acelerar proyectos, consolidar especializaciones regionales y generar entornos propicios para la inversión, con capacidad de generar sinergias regionales y vertebración del territorio.

### 1. Infraestructuras a nivel regional y local

---

Se recomienda a las Administraciones locales el apoyo con la dotación de servicios básicos (energía, agua, fibra) a precios competitivos y reservar suelo industrial para el desarrollo de iniciativas industriales en semiconductores. Respecto a las infraestructuras tecnológicas regionales y locales, se recomienda apoyar la

creación o modernización de salas limpias, laboratorios piloto y centros de prueba en los parques científicos regionales, como ya ocurre en algunas regiones o ayuntamientos. Estas infraestructuras deben estar interconectadas para operar como una red distribuida nacional.

### 2. Refuerzo de los clústeres regionales

---

Otra línea prioritaria es el refuerzo de clústeres regionales y alianzas público-privadas. Se propone que cada comunidad con capacidades relevantes articule su propia Alianza de Chips, como ya han hecho Cataluña, Euskadi o Madrid, con una coordinación a nivel nacional que provoque las sinergias y la visión holística y sistémica del ecosistema nacional. Estas alianzas deben integrar grandes empresas,

pymes, universidades y centros tecnológicos, y promover proyectos colaborativos, laboratorios de misión y el acceso compartido a equipamientos clave. Los clústeres están actuando como cohesionadores y conectores del ecosistema a un nivel granular al que no llega el Gobierno central, resultando en verdaderas entidades de enlace entre agentes y Administraciones.

### 3. Impulso a las estrategias regionales de talento

---

En cuanto a la formación territorial del talento, se recomienda ampliar la red de Cátedras Chip en todo el territorio, crear nuevos másteres interuniversitarios y promover programas de Formación Profesional dual especializados en microelectrónica en colaboración con las CC. AA. en las que residen las competencias de educación. Las CC. AA. pueden ofrecer becas vinculadas a proyectos regionales y facilitar convenios de movilidad internacional (p. ej.,

con ITRI o universidades estadounidenses), y los ayuntamientos, coordinar estrategias de visibilización de la microelectrónica y atracción de vocaciones en los colegios e institutos o el impulso de otras actividades complementarias de los clústeres. También se sugiere establecer incentivos fiscales y administrativos para atraer talento extranjero a ciudades tecnológicas emergentes.

### 4. Apoyo a la internacionalización desde las regiones y ayuntamientos

---

La promoción internacional también puede beneficiarse de una estrategia multinivel. Se recomienda favorecer los convenios de colaboración internacional desde las regiones y ciudades con ecosistemas líderes (por ejemplo, con agentes en Taiwán, IMEC, universidades, a través de ESRA, etc.). Además,

se propone que las regiones desarrollen marcas complementarias a la marca España Nación Chip (p. ej., Catalonia Chips Hub, Madrid Semiconductors Ready o Madrid Semicon) que reflejen sus especializaciones y fomenten su presencia en ferias internacionales, misiones comerciales o eventos tecnológicos.

### 5. Planes territoriales complementarios al PERTE Chip

---

Se recomienda impulsar planes territoriales complementarios al PERTE Chip, en los que las CC. AA. cofinancien con fondos propios o europeos proyectos tractores en sus áreas de especialización: diseño, ensamblado,

formación, fotónica, grafeno, sensórica, etc. Y también que formen parte de futuros Planes Complementarios en Semiconductores junto al Gobierno central.

## 6. Ventanilla única

Además, se recomienda que las oficinas regionales y municipales de inversión actúen como ventanillas únicas para el sector, ofreciendo apoyo proactivo a proyectos de universidades, empresas y consorcios.

## 7. Apoyo local al sector

Finalmente, se recomienda aprovechar el poder de compra pública de los ayuntamientos para activar la demanda local de soluciones innovadoras basadas en semiconductores. Esto incluye incorporar criterios de innovación en licitaciones tecnológicas (IoT urbano, movilidad, eficiencia energética), lanzar retos de innovación municipal y promover la visibilidad de las *start-ups* del sector.

En conjunto, estas medidas permiten una mayor descentralización eficiente de la estrategia nacional, y aseguran que los territorios

participen plenamente en la construcción de un ecosistema de semiconductores competitivo, inclusivo y arraigado en sus capacidades locales.

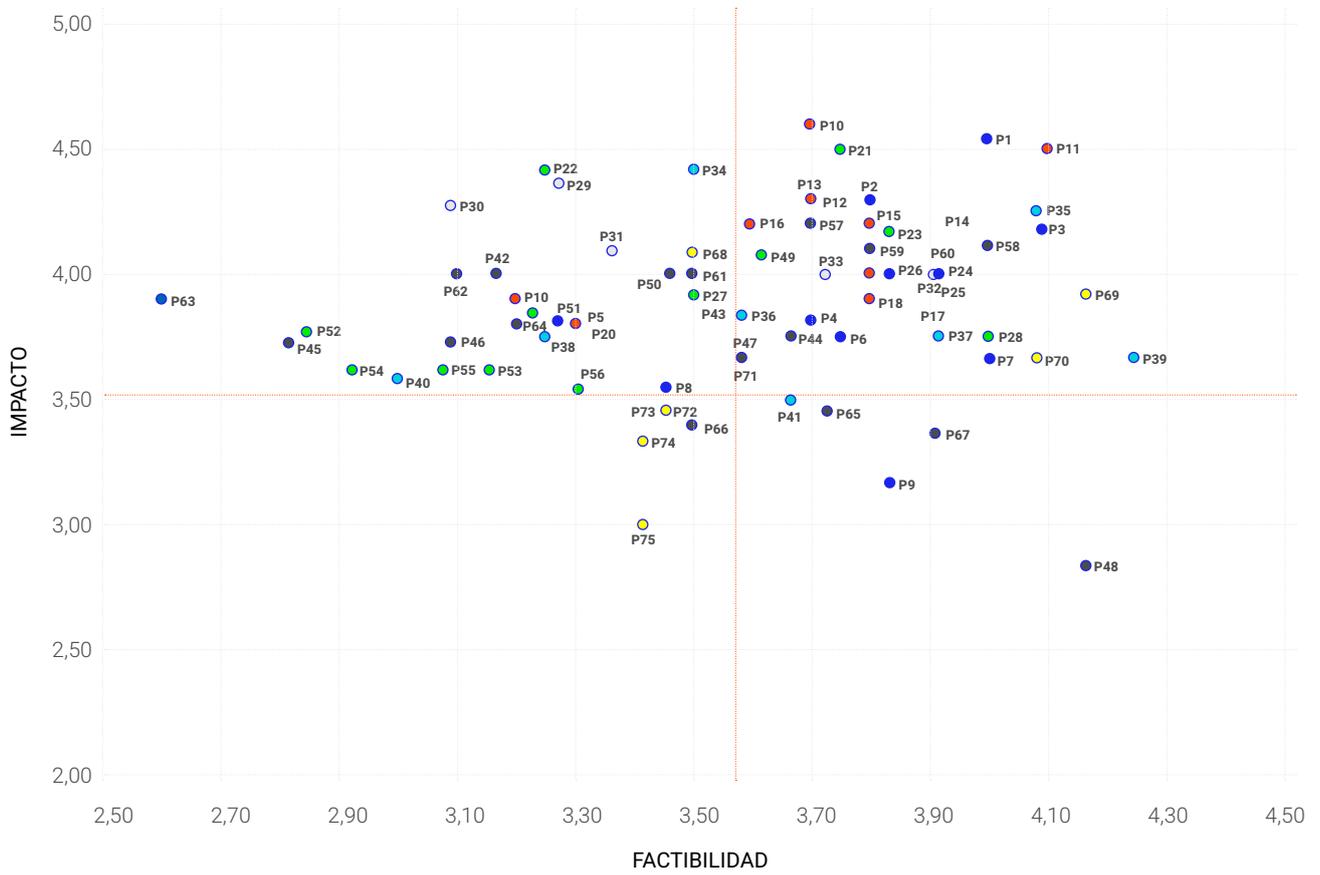
A continuación, se muestra un gráfico que relaciona el valor dado por los miembros al impacto y la factibilidad de las propuestas presentadas. Se observa que, en su mayoría, los miembros consideran que las propuestas pueden tener un alto impacto, pero divergen en el grado de factibilidad esperado de las mismas.

### Propuestas ofrecidas por el Grupo de Trabajo

## EJE IX

P68	Adaptar y facilitar suelo industrial con infraestructuras básicas (agua, energía, conectividad) y servicios para empresas <i>deep-tech</i>
P69	Reforzar los clústeres regionales y crear Alianzas de Chips autonómicas como en Cataluña, Madrid o País Vasco
P70	Impulsar estrategias locales de talento: becas regionales, formación dual, bolsas de empleo, visibilización y atracción de vocaciones
P71	Favorecer convenios de colaboración internacional desde regiones y ciudades con ecosistemas líderes (ej. Taiwán, IMEC, universidades)
P72	Impulsar Planes Territoriales Complementarios al PERTE Chip, cofinanciados por CC. AA., adaptados a sus nichos estratégicos (fotónica, diseño, encapsulado, etc.)
P73	Promover la descentralización de infraestructuras compartidas (salas limpias, laboratorios, <i>coworking</i> ) en parques científicos regionales
P74	Establecer Oficinas regionales y locales de atracción de inversión y ventanilla única para proyectos en microelectrónica
P75	Desarrollar marcas regionales (ej. Catalonia Chips Hub, MadridSemicon) para complementar la Marca País y posicionar especializaciones locales

**GRÁFICO 1.** Relación de propuestas en función del valor dado por los miembros al impacto y la factibilidad de la propuesta



Fuente: Elaboración propia

# EPÍ LOGO

España se encuentra en un momento decisivo para el futuro de su sector de microelectrónica y semiconductores. Por un lado, cuenta con fortalezas tecnológicas nada desdeñables, como sus centros punteros en diseño y computación de altas prestaciones, un ecosistema de fotónica integrada de primer nivel, iniciativas sólidas en tecnologías cuánticas, ciertas capacidades industriales en *back-end* y un capital humano y científico de calidad que comienza a organizarse en torno a esta prioridad. Por otro lado, cuenta con empresas muy potentes en sectores tractores y con el potencial de mejora que su ecosistema emprendedor creciente y el desarrollo de las tecnologías emergentes aportan.

# 10.



Sin embargo, España enfrenta, todavía, retos importantes derivados de años de poca actividad en este campo, con un ecosistema fragmentado y de tamaño aún reducido, una dependencia casi total de infraestructuras externas de fabricación, escasez de perfiles especializados y la necesidad de asegurar financiación prolongada dentro del paraguas de una estrategia nacional consistente, aún por acometer.

La buena noticia es que jamás hasta ahora había existido un alineamiento tan favorable de voluntades y recursos para cambiar esta situación con el apoyo firme de las instituciones (materializado en el PERTE Chip y otros programas, tanto europeos como regionales), la toma de conciencia general de la importancia estratégica de los chips y la implicación creciente de empresas e investigadores, que auguran una ventana de oportunidad única para dar un salto cualitativo.

Las oportunidades estratégicas están al alcance para integrarse en las nuevas cadenas de valor europeas con valor añadido y sin abandonar los nodos convencionales para sectores estratégicos como la seguridad y la defensa o el espacio, atraer proyectos internacionales, especializarse en nichos como RISC-V, fotónica y OSAT donde España puede sobresalir, y formar una nueva generación de profesionales y emprendedores que lideren el mañana tecnológico. Para ello, este informe ha destacado una serie de propuestas y recomendaciones que implican avances acerca de cómo coordinar mejor el ecosistema a nivel nacional, asegurar un apoyo financiero sostenido combinando fondos públicos y privados, multiplicar los esfuerzos de formación y atracción de talento, acompañar a las empresas innovadoras en todas sus etapas de crecimiento,

construir capacidades industriales propias y desarrollar propiedad intelectual en segmentos seleccionados, y fomentar un entorno colaborativo y consciente del valor de esta industria. Implementar estas medidas requerirá determinación política, cooperación público-privada y perseverancia, pero los beneficios potenciales son enormes. Un sector nacional de semiconductores fortalecido significará más innovación, empleo cualificado y competitividad para España, además de contribuir a la autonomía tecnológica europea en un ámbito crítico.

En conclusión, España tiene ante sí el reto de pasar de ser un actor modesto en semiconductores a convertirse en un referente en áreas clave de la microelectrónica y la nanoelectrónica y áreas afines. Cuenta con las piezas iniciales necesarias para lograrlo, como un ecosistema en crecimiento, conocimiento, talento y apoyo institucional. Ahora es preciso ensamblar esas piezas con visión estratégica y constancia, tal y como se ha argumentado a lo largo de este informe. Si se logran consolidar las fortalezas y materializar las oportunidades identificadas, España estará en posición de desempeñar un papel significativo en la nueva era de los semiconductores, aportando valor al ecosistema tecnológico europeo y global. Las instituciones públicas y los actores del ecosistema de innovación tienen en sus manos la posibilidad de hacer realidad esta visión de futuro que necesita de todas las visiones y el trabajo colaborativo de los agentes. El camino no está exento de dificultades, pero las recompensas de construir un sector de semiconductores próspero en España serán, sin duda, trascendentales para el desarrollo económico y tecnológico del país, así como para reforzar la seguridad nacional en las próximas décadas.

# MIEMBROS DEL GRUPO DE TRABAJO

11.



## COMITÉ COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO:

- **Ana Isabel Cremades**, Catedrática en el Dpto de Física de Materiales, Universidad Complutense de Madrid, Experta de los 100 de COTEÇ.
- **Jesús Folgueira**, Global CTIO, Telefónica
- **Daniel Granados**, Director del CITT Semiconductores de la Comunidad de Madrid, Director Ejecutivo de Infraestructuras en IMDEA Nanociencia
- **Jorge Lang**, codirector del CITT Semiconductores de la Comunidad de Madrid
- **Adelaida Sacristán**, Fundación COTEÇ, Directora de Estudios y Gestión del Conocimiento
- **María Peñate**, Fundación COTEÇ, Técnico de Proyectos y Gestión del Conocimiento
- **Vivian Bojacá**, Fundación COTEÇ, Técnico de Proyectos de Innovación

## MIEMBROS DEL GRUPO DE TRABAJO (POR ORDEN ALFABÉTICO):

- **AGENCIA GALLEGA DE INNOVACIÓN**
  - Sabela Pardo Rodríguez, directora del Área de Estrategias y Programas
  - Enrique Rohrer Sobrino, coordinador de la Unidad de Planificación
- **AYMING**
  - Alba Fernández Valle, *Senior Consultant*
- **AYUNTAMIENTO DE BARCELONA**
  - Oriol Recasens Benito, Departamento de Ciencia e Innovación
  - Marc Unión, técnico, Dirección de Promoción Económica Internacional
  - Miquel Rodríguez Planas, Gerente de Promoción Económica
  - Gloria Boix, Responsable de Proyectos Estratégicos
- **AYUNTAMIENTO DE MADRID**
  - María Jesús Romero de Ávila, Directora General de Economía
  - Carmen Pérez López, Subdirectora General de Economía e Industria
- **AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA**
  - Ezequiel Navarro Pérez, Asesor de Alcalde para Industria 4.0
- **AYUNTAMIENTO DE LAS ROZAS**
  - Ana Herrera González, Directora de Desarrollo Empresarial y Emprendimiento, Las Rozas Innova

- **BBVA**
  - Carmen Pelayo Fernández, *Research Analyst*
  - Álvaro Ortiz Vidal-Abarca, responsable de Análisis BigData e IA
  
- **CDTI**
  - Enrique Pelayo Campillos, *National Contact Point - HE/Digital & ChipsJU*
  - Raquel Luengo de Marcos, técnico.  
Dirección de Tecnología e Internacionalización. Dpto Tecnologías Digitales.
  
- **COMUNIDAD DE MADRID**
  - Daniel Granados, Director del Cluster de Innovación Tecnológica y Talento en semiconductores
  - Jorge Lang, Codirector del Clúster de Innovación Tecnológica y Talento en semiconductores
  
- **CORPORACIÓN TECNOLÓGICA DE ANDALUCÍA**
  - Fabián Varas Sánchez, Director Técnico
  
- **DELOITTE**
  - Javier González Piñal, socio
  - Sara Gamonal, Directora *Global Investment and Innovation Incentives*
  
- **ENISA**
  - Bernardo Navazo, CEO/Fundador Geopolitical Insights
  
- **EXXITA Be Circular S. A.**
  - Alejandro Costa Jiménez, CEO
  
- **GMV**
  - Luis Fernando Álvarez-Gascón, Director General Secure eSolutions
  
- **GOBIERNO DE ARAGÓN**
  - Samuel Borroy Vicente, Director de Área (Sistemas Eléctricos) - CIRCE Centro Tecnológico
  - Andrés Llombart Estopiñan, Director General Fundación CIRCE
  - Alejandro Díaz Baños, Director Grupo Tecnologías Electrónicas - CIRCE Centro Tecnológico
  
- **GRUPO ANTOLIN**
  - Javier Merino, *Electronics Engineering Manager*
  - Javier Villacampa, Director de Innovación

- **INDRA**
  - José Miguel Pascual Ruiz, Director de R&T y responsable del Centro de Competencia *Hardware y Electrónica*
  - Ana Ruiz Flores, Ingeniera
  - Daniel Caudevilla Gutiérrez, *Senior Engineer R&T*
  - Juan Carlos Martín Fernández, Technology manager
  - Luz Gil Heras, Research & Technology - Advanced Technologies Coordination
  - Rebeca López Serrano, Business Development Manager – *Defense & Security*
  
- **PONS IP**
  - Luis Ignacio Vicente del Olmo, Consejero Estratégico
  
- **TELEFONICA**
  - Jesús Folgueira, Global CTIO
  
- **TECNALIA**
  - Iñigo Arizaga, director de Tecnalía Next – Quantum Technologies
  
- **UNIVERSIDAD DE GRANADA**
  - Carlos Sampedro Matarín, catedrático de Electrónica, director de Transferencia e Innovación UGR

## **EXPERTOS INVITADOS EN EL GRUPO DE TRABAJO (ORDEN DE PARTICIPACIÓN)**

- **Raquel Jorge**, experta en Los100 de Cotec e investigadora en Real Instituto el Cano
- **Enrique Feas**, Investigador principal, Real Instituto el Cano
- **Conrado Ávila**, Teniente Coronel, Jefatura de Sistema Multidominio, de la Subdirección General de Programas de la DGAM, Ministerio de defensa.
- **Gonzalo León**, Catedrático emérito de Ingeniería Telemática en la Universidad Politécnica de Madrid. Fundación Circulo de la Defensa.
- **Jaime Martorell**, Vicepresidente SETT
- **Francisco Ignacio Terradilla**, ENIAC Joint Undertaken
- **Jordi García Brustenga**, DG de Estrategia Industrial y de la Pyme, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

- **Valerio Pruni**, ICFO
- **Mateo Valero**, BSC
- **Arturo Azcorra**, IMDEA Networks
- **Ana Peláez**, Televes Corporation
- **Paula López**, Citius Universidad de Santiago
- **Javier Aizpurúa**, BasQ
- **Mikel Díaz**, IBM- País Vasco
- **Helio Fernández Tellez**, Program Manager - Design IP Spaces IMEC
- **Manuel Toledo**, Director de Segmento Usuario de Navegación, GMV
- **Héctor Guerrero**, SDG de Política y estrategia aeroespacial, Ministerio de ciencia, innovación y universidades
- **Roger Costa**, Acció, Direcció General d'Indústria
- **Alberto Fernández**, Director General de Tecnología e Investigación Gobierno Vasco
- **Luis Socias**, Director Invest in Madrid
- **Alfonso Gabarron**, AESEMI
- **Francisco Hortiguuela**, AMETIC
- **Pilar Rich** AMETIC
- **Juan Carlos Lopez**, Cátedras CHIP con Catedra Castilla La Mancha
- **Mayte Bacete**, Clúster de Valencia
- **Ignacio Gordo**, Analista de Economía Fundación COTEC
- **Esther Boixereu**, IGME sobre materias primas en España
- **David Cuartielles**, Arduino
- **Pedro Martín Jurado**, Director Unidad Apoyo Vicepresidencia – Sociedad Española para la Transformación Tecnológica (SETT) en Ministerio para la Transformación Digital y de la Función Pública
- **Javier Sánchez**, Director Sector Público IBM
- **Fidel Rodríguez Batalla**, Escribano
- **Víctor Santos**, Ministerio de Industria y Turismo



# Entendiendo la cadena de valor de los semiconductores

**ANEXO**

**01.**



La industria de los semiconductores se estructura en una cadena de valor altamente especializada que abarca desde el diseño hasta la integración en productos finales. Cada fase puede ser realizada por diferentes tipos de empresas, con modelos de negocio distintos según el grado de integración o externalización.

Fases principales de la cadena de valor:

#### 1. Diseño de chips (*design*):

En esta fase se desarrollan los planos funcionales y estructurales de los circuitos integrados. Los chips pueden diseñarse para aplicaciones específicas (como automoción, defensa o IA) o de propósito general. Esta labor es realizada por empresas *fabless*, centros de I+D o departamentos internos de fabricantes.

#### 2. Fabricación (*front-end*):

Se trata del proceso de fabricación sobre obleas de silicio, mediante técnicas litográficas y procesos físicos y químicos altamente complejos. En esta etapa se forman los transistores y estructuras electrónicas. La realizan las llamadas *foundries*, que pueden ser independientes o formar parte de un modelo IDM.

#### 3. Ensamblaje y test (*back-end*):

Tras fabricar los chips en las obleas, se separan (*dicing*), encapsulan y prueban (*testing*). Esta fase incluye también la inspección de fiabilidad térmica y eléctrica. Es realizada por empresas OSAT.

#### 4. Integración en productos finales:

Los chips empaquetados se incorporan a sistemas o productos electrónicos por parte de fabricantes de dispositivos (OEM), integradores de sistemas o empresas EMS (*electronics manufacturing services*).

#### 5. Comercialización y consumo:

Los productos finales con chips integrados llegan al mercado a través de canales comerciales. El usuario final puede ser un consumidor, una empresa o una Administración pública.

#### TIPOS DE EMPRESAS SEGÚN SU FUNCIÓN EN LA CADENA:

- **Empresas de diseño o *fabless*:** Empresas que diseñan chips, pero no los fabrican (p. ej., Qualcomm, AMD). Subcontratan la fabricación a *foundries*.
- **Fábricas o fundiciones (*foundries*):** Empresas que fabrican chips para terceros, como TSMC o GlobalFoundries.
- **OSAT (*Outsourced Semiconductor Assembly and Test*):** Empresas especializadas en encapsulado, test y validación final del chip (p. ej., ASE Group).
- **EMS (*Electronics Manufacturing Services*) / OEM (*Original Equipment Manufacturer*):** Integradores de chips en productos comerciales, como Foxconn, Bosch o Samsung Electronics.
- **IDM (*Integrated Device Manufacturers*):** Empresas verticalmente integradas que diseñan, fabrican y venden sus propios chips (p. ej., Intel, STMicroelectronics). Algunas IDM combinan producción propia con la externalización de servicios o *outsourcing*.

# Metodología de trabajo

**ANEXO**

**02.**



Durante el transcurso de este grupo se han llevado a cabo nueve reuniones en formato híbrido, con miembros en formato presencial y en formato online. En el transcurso de estas reuniones, se ha contado con la participación de expertos que han permitido enriquecer el debate y aportar los resultados finales.

1.ª REUNIÓN GT	Objetivos y funcionamiento de los grupos de trabajo
	Presentación de los coordinadores del GT
	Contexto global geopolítico
2.ª REUNIÓN GT	Seguridad y defensa
3.ª REUNIÓN GT	Contraste de las iniciativas de la Chips Act europea y del Perte Chip español con otros modelos como el Chips Act de EE. UU. Análisis del anteproyecto de la Ley de Industria y Autonomía Estratégica con relación a los semiconductores
4.ª REUNIÓN GT	Fortalezas tecnológicas como país
	Generación de conocimiento mediante I+D, creación de valor en capacidades y campos concretos de la cadena de valor de los se-miconductores
5.ª REUNIÓN GT	Oportunidades, nichos, necesidades y cuáles son los sectores tractores actuales y futuros en el sector de los semiconductores
6.ª REUNIÓN GT	El papel de las Administraciones públicas en la potenciación del sector de los semiconductores
7.ª REUNIÓN GT	El talento como factor de atracción para la industria
8.ª REUNIÓN GT	Materias primas, energía y economía circular
9.ª REUNIÓN GT	Validación de conclusiones y recomendaciones

Al finalizar estas reuniones, se realizó una consulta a los miembros del Grupo de Trabajo para conocer su valoración, en una escala de Likert de 1 a 5, sobre cómo de factibles consideraban las propuestas realizadas en el capítulo 9, así como el nivel de impacto de las mismas. Los resultados, para los nueve ejes de análisis, se muestran en las siguientes tablas:

Eje I: Gobernanza y política nacional integrada	ACUMULADO	ACUMULADO	MEDIA	MEDIA
Propuestas	Factibilidad	Impacto	Factibilidad	Impacto
Diseñar e implementar una Estrategia Nacional de Semiconductores con horizonte 2040, revisable cada 5 años, como palanca de política industrial alineada con la autonomía estratégica	45	54	3,8	4,5
Crear una Red Nacional de Salas Limpias y Laboratorios especializados accesibles al ecosistema	50	58	3,8	4,5
Incluir el sector de los semiconductores como estratégico en la nueva Ley de Industria y Autonomía Estratégica, con mención expresa en el Consejo Nacional de Política Industrial	48	51	4,0	4,3
Identificar cuellos de botella en componentes críticos estratégicos y garantizar sus capacidades de diseño, fabricación o aprovisionamiento	40	45	3,6	4,1
Poner en marcha un sistema de vigilancia tecnológica y geopolítica del sector de semiconductores	52	49	4,0	3,8
Aumentar la visibilidad internacional de España en foros clave sobre semiconductores, I+D, capacidades industriales y tecnologías emergentes. Impulsar la diplomacia científica/ innovadora de alto nivel.	49	49	3,8	3,8
Crear una Agencia, Comisión Nacional o Alianza Estatal para los Semiconductores con participación público-privada	39	45	3,5	3,8
Aprobar una Ley Integral de Microelectrónica y Semiconductores que dote de marco jurídico y financiero estable al sector	37	43	3,1	3,6
Establecer una Conferencia Sectorial de Semiconductores como foro interadministrativo permanente entre Estado y CCAA	40	41	3,3	3,4
Jornadas de Semiconductores en el Parlamento/Senado y Asambleas regionales Formación, actualización y concienciación de la clase política	48	40	3,7	3,1

Eje II: Seguridad estratégica, defensa y autonomía	ACUMULADO	ACUMULADO	MEDIA	MEDIA
Propuestas	Factibilidad	Impacto	Factibilidad	Impacto
Eliminar barreras de acceso a I+D e innovación en defensa: apertura de convocatorias, acceso a infraestructuras, mecanismos de colaboración industrial	44	55	3,7	4,6
Participar activamente en consorcios europeos como el European Defence Fund y en programas tecnológicos de la OTAN	50	54	4,2	4,5
Integrar plenamente el sector defensa en el PERTE Chip, vinculando líneas de diseño, test y encapsulado	46	53	3,8	4,4
Potenciar tecnologías como la fotónica integrada y sensores resistentes a entornos hostiles para uso dual (civil-militar)	43	50	3,6	4,2
Impulsar la computación de altas prestaciones (HPC) para defensa e inteligencia estratégica	46	50	3,8	4,2
Crear un Centro de Excelencia en Microelectrónica de Defensa con participación público-privada	45	50	3,8	4,2
Reforzar la propiedad intelectual nacional en tecnologías clave para defensa: ASICs, sensores, seguridad, comunicación segura	43	49	3,6	4,1
Fomentar el diseño y producción de ASICs específicos para aplicaciones de defensa, incluyendo capacidades de fabricación en nodos maduros y tiradas cortas	42	47	3,5	3,9
Desarrollar un programa específico de microelectrónica para el sector aeroespacial, vinculado a la Estrategia Aeroespacial Nacional y a la Agencia Espacial Española	45	47	3,8	3,9
Evaluar e identificar componentes críticos y dependencias externas de riesgo para defensa y seguridad nacional	44	46	3,7	3,8
Establecer capacidades nacionales de test, verificación y certificación con estándares de soberanía tecnológica	40	46	3,3	3,8

Eje III: Ecosistema de innovación, I+D y transferencia	ACUMULADO	ACUMULADO	MEDIA	MEDIA
Propuestas	Factibilidad	Impacto	Factibilidad	Impacto
Reformar la normativa que reduce la eficiencia en la ejecución de fondos públicos de investigación e innovación, incluyendo la Ley de Contratación Pública para proyectos estratégicos de I+D	42	53	3,2	4,4
Fortalecer la cooperación internacional con centros punteros como IMEC, Leti o Fraunhofer para codesarrollo y acceso a líneas piloto	51	50	3,9	4,2
Crear incubadoras deep-tech universitarias para promover spin-offs, apoyar valorización de resultados y financiar pruebas de concepto	47	49	3,6	4,1
Lanzar un programa de Misiones orientadas en semiconductores y un Plan Complementario nacional, integrando consorcios de universidades, empresas y centros tecnológicos; crear una 'Fábrica Virtual de I+D' con una red nacional de infraestructuras científicas en microelectrónica	52	48	4,0	4,0
Generar una red nacional de centros y unidades de excelencia en microelectrónica y semiconductores, conectados con universidades y empresas	51	47	3,9	3,9
Impulsar la generación de propiedad intelectual en microelectrónica mediante programas de valorización, vinculación con las Cátedras Chip y modelos de innovación abierta	52	45	4,0	3,8

Eje IV: Capacidades industriales: diseño, fabricación y ensamblado	ACUMULADO	ACUMULADO	MEDIA	MEDIA
Propuestas	Factibilidad	Impacto	Factibilidad	Impacto
Desarrollar un programa nacional de producción en nodos maduros y tecnologías robustas, incluyendo apoyo a fábricas medianas, acceso seguro a líneas piloto europeas y acuerdos con foundries	36	48	3,3	4,4
Crear un Centro Nacional de Encapsulado, Test e Integración avanzada, fortaleciendo las capacidades OSAT (Outsourced Semiconductor Assembly and Test) en centros tecnológicos y atrayendo proyectos europeos	34	47	3,1	4,3
Impulsar casas de diseño de chips sectoriales, fomentando propiedad intelectual abierta (como RISC-V), bibliotecas estándar reutilizables, y herramientas EDA accesibles	37	45	3,4	4,1
Establecer líneas de ayuda para el acceso industrial a líneas piloto en tecnologías emergentes y nodos específicos, dirigidas a pymes y startups	43	44	3,9	4,0
Diseñar líneas de apoyo industrial específicas a sectores tractores nacionales (automoción, espacio, defensa, telecomunicaciones) para adopción y desarrollo de semiconductores estratégicos	41	44	3,7	4,0
Eje V: Empresas, startups y escalado industrial	ACUMULADO	ACUMULADO	MEDIA	MEDIA
Propuestas	Factibilidad	Impacto	Factibilidad	Impacto
Crear un fondo público-privado especializado en semiconductores y Deep-tech (similar a imec.xpand o Chips Fund), para financiar fases tempranas y de crecimiento	44	56	3,4	4,3
Fomentar incubadoras y aceleradoras deep-tech vinculadas a universidades y Cátedras Chip, con acceso a diseño, prototipado, mentoría y red empresarial	52	55	4,0	4,2
Fomentar la innovación abierta entre grandes empresas y startups, mediante retos tecnológicos, mentorización y coinversión estratégica	47	51	3,6	3,9
Reforzar la visibilidad internacional de empresas del sector mediante misiones tecnológicas, ferias y redes como Chips JU o Silicon Europe	55	49	4,2	3,8
Activar la compra pública innovadora como cliente de lanzamiento de chips nacionales, sensores o encapsulados (smart cities, salud, defensa, movilidad)	42	48	3,2	3,7
Habilitar instrumentos financieros de escalado: créditos blandos (ICO), coinversión para internacionalización, y acceso a infraestructuras compartidas	50	47	3,8	3,6
Reforzar la capacidad empresarial para anticipar riesgos geopolíticos y tecnológicos mediante formación, análisis estratégico y herramientas de vigilancia	39	47	3,0	3,6
Impulsar el desarrollo de clústeres regionales especializados en microelectrónica para coordinar innovación, talento, inversión y cadena de suministro local	47	46	3,6	3,5
Eje VI: Sostenibilidad, circularidad y materiales	ACUMULADO	ACUMULADO	MEDIA	MEDIA
Propuestas	Factibilidad	Impacto	Factibilidad	Impacto
Diseñar una Estrategia Nacional de Sostenibilidad y Materias Primas Críticas para el sector de los semiconductores, que integre reciclaje avanzado, minería sostenible, circularidad e I+D en recuperación de materiales estratégicos	41	53	3,2	4,1
Fomentar plataformas de recuperación de materias primas en sectores relacionados (ej. energía solar) para crear sinergias con la cadena de valor de semiconductores	45	50	3,5	3,8
Establecer plantas de refinado y procesado de materias primas críticas en territorio nacional	33	46	2,8	3,8
Apoyar proyectos piloto e iniciativas tecnológicas que posicionen a España en semiconductores sostenibles: uso de materiales bio, IA para eficiencia, ecodiseño, reciclaje y bajo contenido en materias críticas	47	49	3,6	3,8
Posicionar a España como referente europeo en recuperación y valorización de componentes críticos procedentes de RAEE	36	45	3,0	3,8
Incorporar criterios de sostenibilidad y eficiencia ambiental en el diseño de dispositivos y en las infraestructuras públicas, priorizando ecodiseño, trazabilidad, reparabilidad y bajas emisiones	47	48	3,6	3,7
Lanzar campañas de concienciación ciudadana sobre la importancia del reciclaje, la minería sostenible y la economía circular para los semiconductores	53	37	4,1	2,8

Eje VII: Fiscalidad, incentivos e inversión	ACUMULADO	ACUMULADO	MEDIA	MEDIA
Propuestas	Factibilidad	Impacto	Factibilidad	Impacto
Deducción reforzada para I+D en microelectrónica. Crear una categoría prioritaria dentro de las deducciones fiscales actuales (hasta el 59% con personal investigador exclusivo), con un porcentaje bonificado adicional para actividades específicas en diseño de chips, encapsulado, materiales electrónicos, fabricación piloto o IP electrónica	50	58	3,6	4,1
Incluir en la Estrategia Nacional de Semiconductores un capítulo específico sobre fiscalidad e incentivos, articulado en torno a la futura Ley Integral de Microelectrónica	47	56	3,4	4,0
Mecanismo de 'ventanilla única' para certificados fiscales de I+D. Establecer un procedimiento acelerado, con plazos vinculantes y asistencia especializada para el sector, que reduzca la dependencia de informes ex post y ofrezca seguridad jurídica a empresas innovadoras	40	54	2,9	3,9
Crédito fiscal a la colaboración público-privada. Establecer una deducción específica para empresas que financien proyectos en universidades o centros públicos (similar al modelo francés CIR-Collaboration), favoreciendo las Cátedras Chip y el escalado de proyectos académicos	45	54	3,2	3,9
Facilitar la gestión empresarial de los incentivos mediante la profesionalización de la tramitación y asesoría técnica especializada	44	51	3,1	3,6
Devolución anticipada para startups y pymes deep-tech. Permitir la monetización rápida de créditos fiscales por I+D para empresas en crecimiento que no tengan base imponible suficiente, mediante devolución directa o cesión de derechos a terceros inversores	46	51	3,3	3,6
Incentivos por contratación de talento cualificado en semiconductores. Bonificaciones adicionales a la cotización o crédito fiscal por contratación de perfiles clave (ingenieros de diseño, doctores en microelectrónica, técnicos de sala limpia), similar al modelo del Reino Unido para personal cualificado en sectores críticos	43	51	3,1	3,6
Microcréditos fiscales y compatibilidad con subvenciones públicas. Permitir compatibilizar plenamente las deducciones fiscales con ayudas del PERTE Chip, evitando que una subvención reducida anule el acceso al incentivo fiscal. Además, ofrecer la posibilidad de ceder la deducción a inversores industriales que colaboren con centros de I+D	41	50	2,9	3,6
Eje VIII: Talento, formación y capital humano	ACUMULADO	ACUMULADO	MEDIA	MEDIA
Propuestas	Factibilidad	Impacto	Factibilidad	Impacto
Diseñar e implementar un Plan Nacional de Talento en Microelectrónica que incluya: nuevas titulaciones universitarias y másteres; impulso a la FP dual; formación continua y microcredenciales; ampliación de Cátedras Chip; prácticas industriales; movilidad internacional; y programas de atracción y retorno de talento	40	46	3,6	4,2
Impulsar la Formación Profesional dual en microelectrónica, orientada a diseño, encapsulado, sala limpia, fabricación avanzada	40	46	3,6	4,2
Establecer programas de movilidad internacional y convenios con centros de excelencia como IMEC, Fraunhofer o MIT	41	46	3,7	4,2
Reforzar y ampliar las Cátedras Chip como nodos de formación avanzada, transferencia y vínculo estable universidad-empresa	44	41	4,0	4,1
Crear nuevas titulaciones de grado, máster y doctorado en microelectrónica, encapsulado, test, diseño VLSI y materiales electrónicos	38	45	3,5	4,1
Reforzar la financiación estructural de universidades para garantizar personal docente cualificado y laboratorios adaptados	29	43	2,6	3,9
Establecer un Pacto por el Talento en semiconductores que articule becas, contratos predoctorales y posdoctorales, tenure-track y apoyo a investigadores emprendedores	34	43	3,1	3,9
Diseñar un visado tecnológico y un programa de retorno del talento español en el exterior en microelectrónica	35	43	3,2	3,9
Lanzar campañas de sensibilización y atracción de vocaciones STEM con foco en microelectrónica, dirigidas a estudiantes, familias y centros educativos	45	42	3,8	3,5
Crear un Observatorio Nacional de Talento en Semiconductores para alinear la oferta educativa con la demanda del ecosistema	36	38	3,3	3,5
Diseñar y establecer itinerarios formativos basados en el Catálogo de Especialidades Formativas del SEPE. Estos serían un referente común para la programación de acciones formativas y la orientación profesional personalizada, adaptando la oferta de formación a las necesidades del mercado de semiconductores y priorizando la empleabilidad de personas desempleadas	44	41	3,7	3,4

Eje IX: Desarrollo territorial: CCAA y entidades locales	ACUMULADO	ACUMULADO	MEDIA	MEDIA
Propuestas	Factibilidad	Impacto	Factibilidad	Impacto
Adaptar y facilitar suelo industrial con infraestructuras básicas (agua, energía, conectividad) y servicios para empresas deep-tech	44	54	3,4	4,2
Reforzar los clústeres regionales y crear Alianzas de Chips autonómicas como en Cataluña, Madrid o Euskadi	53	52	4,1	4,0
Favorecer convenios de colaboración internacional desde regiones y ciudades con ecosistemas líderes (ej. Taiwán, IMEC, universidades)	46	49	3,5	3,8
Impulsar estrategias locales de talento: becas regionales, formación dual, bolsas de empleo, visibilización y atracción de vocaciones	52	48	4,0	3,7
Impulsar Planes Territoriales Complementarios al PERTE Chip, cofinanciados por CCAA, adaptados a sus nichos estratégicos (fotónica, diseño, encapsulado, etc.)	40	43	3,3	3,6
Promover la descentralización de infraestructuras compartidas (salas limpias, laboratorios, coworking) en parques científicos regionales	41	43	3,4	3,6
Establecer Oficinas regionales y locales de atracción de inversión y ventanilla única para proyectos en microelectrónica	44	45	3,4	3,5
Crear una Conferencia Sectorial de Semiconductores como estructura de gobernanza interadministrativa entre Estado, CCAA y entidades locales	39	40	3,3	3,3
Facilitar la compra pública innovadora desde ciudades para activar demanda local de chips, sensores y soluciones IoT urbanas	40	41	3,1	3,2
Desarrollar marcas regionales (ej. Catalonia Chips Hub, MadridSemicon) para complementar la Marca País y posicionar especializaciones locales	44	40	3,4	3,1

**BI  
BLIO  
GRA  
FÍA**



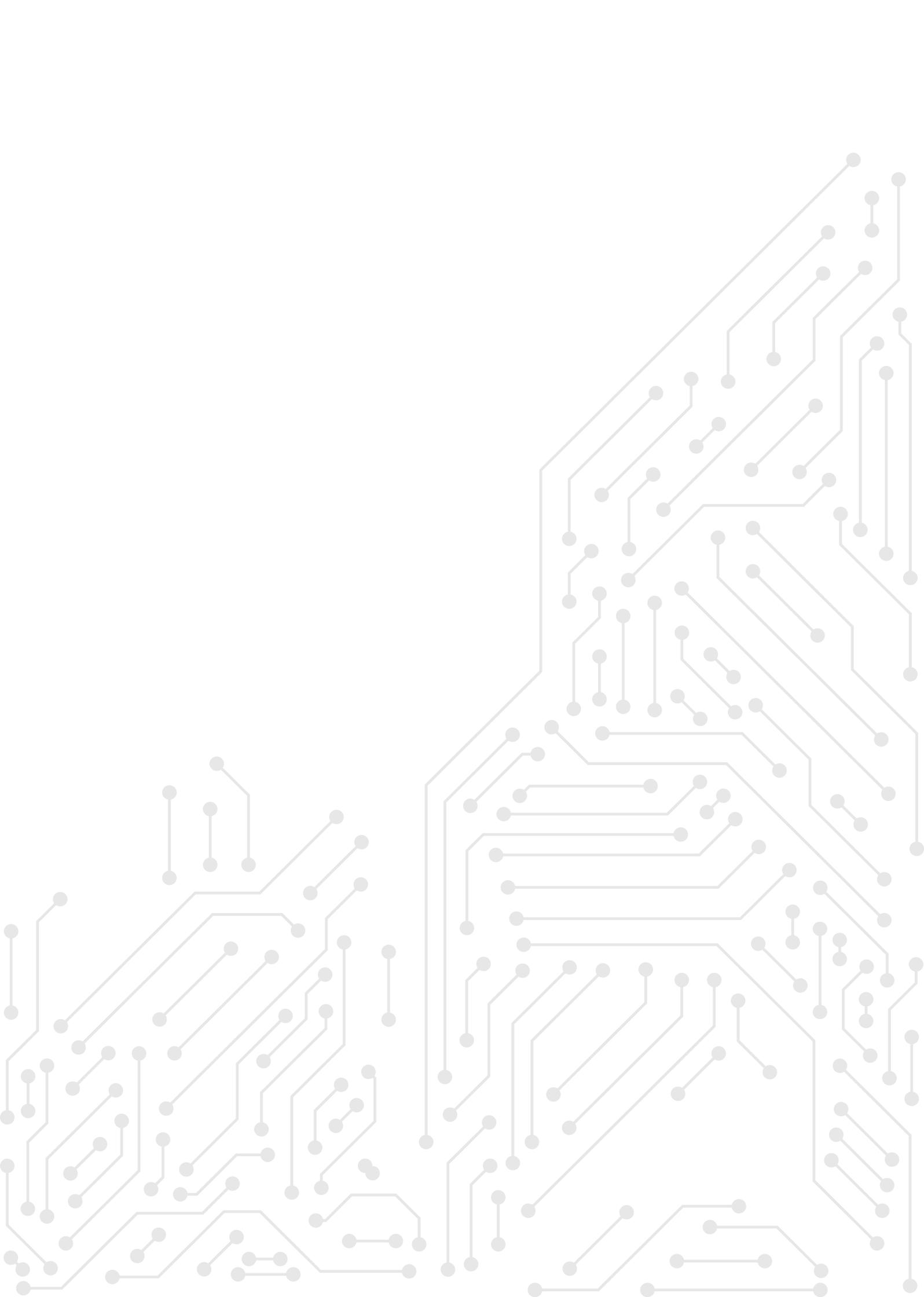
- Comisión Europea (2023). Study on the critical raw materials for the EU 2023.  
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/57318397-fdd4-11ed-a05c-01aa75ed71a1>
- ECS (2023). Strategic Research Agenda 2023.  
<https://ecssria.eu/ECS-SRIA%202023.pdf>
- European Chips Act (2022). Information Session for Stakeholders.  
[https://ec.europa.eu/newsroom/repository/document/2022-13/22020329\\_Chips\\_Act\\_Package\\_Complete\\_17LhdGOvIcf7Qbud9zgZIIPIWrA\\_85575.pdf](https://ec.europa.eu/newsroom/repository/document/2022-13/22020329_Chips_Act_Package_Complete_17LhdGOvIcf7Qbud9zgZIIPIWrA_85575.pdf)
- Feás, Enrique (2023). The US-China technology war and its effects on Europe. Real Instituto Elcano.  
<https://www.realinstitutoelcano.org/en/analyses/the-us-china-technology-war-and-its-effects-on-europe/>
- Feás, Enrique, y Judith Arnal (2024). Materias primas fundamentales en la Unión Europea: 10 recomendaciones para mejorar la contribución de la industria española. Real Instituto Elcano.  
<https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/materias-primas-fundamentales-en-la-union-europea/>
- García Herrero, Alicia (2023). Resilience of global supply chain: Facts and implications, ADBI Working Paper, n.º 1398, Asian Development Bank Institute (ADBI), Tokyo,  
<https://doi.org/10.56506/UKPK2510>
- Jorge Ricart, Raquel (2023). Orientaciones políticas sobre las relaciones UE-China en materia de semiconductores: una perspectiva sobre la agenda bilateral y multilateral Policy orientations on EU-China relations in semiconductors: an outlook on bilateral and multilateral agendas. Real Instituto Elcano.  
<https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/orientaciones-politicas-sobre-las-relaciones-ue-china-en-materia-de-semiconductores-una-perspectiva-sobre-la-agenda-bilateral-y-multilateral>
- Pérez Martínez, Félix (2024). Inteligencia en el campo de batalla. Anales de la Real Academia de Doctores de España, vol. 9, n.º 1, pp. 131-142.  
[https://www.rade.es/imageslib/PUBLICACIONES/ARTICULOS/V9N1%20-%2001%20-%20AO%20-%20PEREZMARTINEZ\\_inteligenciaenelcampodebatalla.pdf](https://www.rade.es/imageslib/PUBLICACIONES/ARTICULOS/V9N1%20-%2001%20-%20AO%20-%20PEREZMARTINEZ_inteligenciaenelcampodebatalla.pdf)
- Servicio de Investigación del Parlamento Europeo (EPRS) (2022). The EU chips act: Securing Europe's supply of semiconductors  
[https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS\\_BRI\(2022\)733596](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2022)733596)
- Soon, C. F. et al. (2004). Advancements in Biodegradable Printed Circuit Boards: Review of Material Properties, Fabrication Methods, Applications and Challenges | International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. Springer Nature, vol. 25, pp. 1925-1954.

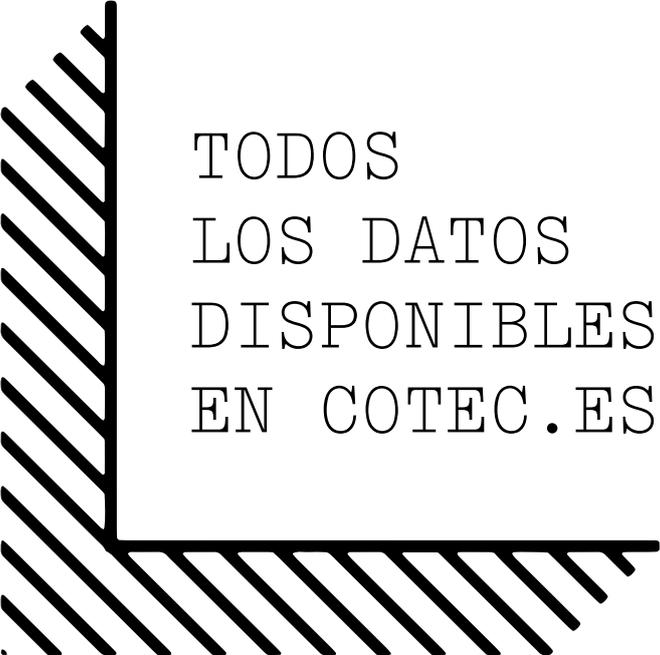
**NO  
TAS**



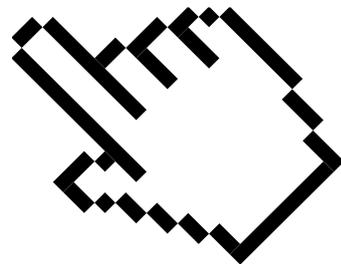
1. Mario Draghi, Informe para la Comisión Europea «El futuro de la competitividad europea», [https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/draghi-report\\_en](https://commission.europa.eu/topics/eu-competitiveness/draghi-report_en)
2. European Chips Act, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L\\_.2023.229.01.0001.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2023.229.01.0001.01.ENG), [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_en)
3. PERTE Chip, <https://www.pertechip.com/>
4. Anteproyecto de la Ley de Industria y Autonomía Estratégica, [https://industria.gob.es/es-es/participacion\\_publica/Paginas/DetalleParticipacionPublica.aspx?k=680](https://industria.gob.es/es-es/participacion_publica/Paginas/DetalleParticipacionPublica.aspx?k=680)
5. Programa Nacional de Exploración Minera 2025-2029, <https://www.miteco.gob.es/es/energia/participacion/2025/detalle-participacion-publica-k-741.html>
6. Informes de la SIA, [https://www.semiconductors.org/resources/?fwp\\_resource\\_types=policy-reports](https://www.semiconductors.org/resources/?fwp_resource_types=policy-reports)
7. Informes McKinsey, <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights>
8. Informes Deloitte, <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/technology/technology-media-telecom-outlooks/semiconductor-industry-outlook.html>
9. Mapeo AMETIC, <https://ametic.es/wp-content/uploads/2023/04/MAPEO.pdf>
10. Propuesta de AMETIC para la Estrategia de Microelectrónica en España, [https://ametic.es/wp-content/uploads/2024/07/Propuesta-de-Estrategia-de-Microelectronica-para-Espana\\_VFfinal.pdf](https://ametic.es/wp-content/uploads/2024/07/Propuesta-de-Estrategia-de-Microelectronica-para-Espana_VFfinal.pdf)
11. Chip Nation AESEMI, <https://congreso.aesemi.org>
12. Intel Fact Sheet Siliconomy, <https://download.intel.com/newsroom/2023/new-technologies/Fact-Sheet-Siliconomy.pdf>
13. Herramienta de Complejidad Económica, <https://complejidadeconomica.cotec.es>
14. Datos de Gartner, [https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2025-04-10-gartner-says-worldwide-semiconductor-revenue-grew-21-percent-in-2024#:~:text=Gartner%20Says%20Worldwide%20Semiconductor%20Revenue%20Grew%2021%25%20in%202024,-STAMFORD%2C%20Conn.%2C&text=Worldwide%20semiconductor%20revenue%20totalled%20%24655.9,time%20\(see%20Table%201\)](https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2025-04-10-gartner-says-worldwide-semiconductor-revenue-grew-21-percent-in-2024#:~:text=Gartner%20Says%20Worldwide%20Semiconductor%20Revenue%20Grew%2021%25%20in%202024,-STAMFORD%2C%20Conn.%2C&text=Worldwide%20semiconductor%20revenue%20totalled%20%24655.9,time%20(see%20Table%201))
15. Datos de Informe Anual ANFAC 2020, <https://www.industriaconectada40.gob.es/difusion/noticias/Paginas/informe-anual-anfac-2020.aspx>
16. Datos globales de pérdidas automoción 2021 de S&P Global Mobility, <https://www.spglobal.com/mobility/en/research-analysis/the-semiconductor-shortage-is-mostly-over-for-the-auto-industry.html>
17. Guía rápida para entender las normativas en Electrónica Industrial de VENCO, <https://www.vencoel.com/guia-rapida-para-entender-las-normativas-en-electronica-industrial/>
18. Plan Made in China, <https://orcasia.org/made-in-china-2025#:~:text=In%202015%2C%20the%20State%20Council,a%20manufacturing%20superpower%20by%202049>
19. Chips and Science Act, <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/4346>, <https://www.nsf.gov/chips>
20. Understanding the Foreign Direct Product Rule, <https://www.learnexportcompliance.com/understanding-the-foreign-direct-product-rule/#:~:text=Stated%20as%20simply%20as%20possible,the%20rule%20and%20its%20evolution>
21. The Chips 4 Alliance and Taiwan-South Korea Relations, <https://globaltaiwan.org/2023/09/the-chip-4-alliance-and-taiwansouth-korea-relations/>
22. Semiconductors European Board, <https://ec.europa.eu/transparency/expert-groups-register/screen/expert-groups/consult?lang=en&groupID=3932>
23. Estrategia Europea para la seguridad económica, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_23\\_3358](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3358)

24. Sociedad 5.0: el concepto japonés para una sociedad superinteligente, Andrés Ortega, Real Instituto Elcano, [https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/sociedad-5-0-el-concepto-japones-para-una-sociedad-superinteligente/#:~:text=Sociedad%205.0%20se%20llama%20as%C3%AD,industriales%20\(RI\)%2C%20de%20las](https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/sociedad-5-0-el-concepto-japones-para-una-sociedad-superinteligente/#:~:text=Sociedad%205.0%20se%20llama%20as%C3%AD,industriales%20(RI)%2C%20de%20las)
25. Anuncio en prensa del Semiconductor mega cluster de Corea, <https://en.yna.co.kr/view/AEN20240115001800320>
26. El escudo de silicio taiwanés: la geopolítica detrás del suministro de semiconductores. Filip Jirous, <https://www.cadal.org/publicaciones/articulos/?id=15890>
27. Ley europea de materias primas críticas, [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act\\_es](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act_es)
28. European Critical Raw Materials Board, [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act/board\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act/board_en)
29. Plan de Acción para la gestión sostenible de las Materias Primas Minerales 2025-2029, <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2025/marzo/el-miteco-lanza-el-plan-de-accion-de-las-materias-primas-mineral.html>, <https://www.miteco.gob.es/es/energia/participacion/2025/detalle-participacion-publica-k-739.html>
30. Enfoque europeo de la inteligencia artificial, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/european-approach-artificial-intelligence>
31. Prensa, riesgo de telecomunicaciones en manos de empresas chinas, <https://www.infobae.com/america/mundo/2023/06/15/la-union-europea-declaro-que-las-empresas-chinas-huawei-y-zte-son-un-riesgo-para-la-seguridad-del-bloque/#:~:text=Los%20gigantes%20chinos%20de%20las,que%20dependan%20de%20estas%20empresas.>
32. World Economic Forum, Cómo conciliar la regulación de los semiconductores con la seguridad global y el progreso tecnológico, <https://es.weforum.org/stories/2024/01/como-conciliar-la-regulacion-de-los-semiconductores-con-la-seguridad-global-y-el-progreso-tecnologico/>
33. El mundo armado se utiliza para describir como elementos, instituciones, el comercio, la información o incluso ideas o tecnologías son utilizados como armas, no para el bien común o la cooperación, sino para causar daño, control o conflicto. En este contexto, weaponized significa 'convertir algo en un arma', o 'utilizar algo de forma deliberada para causar daño'.
34. Entendiendo la regulación ITAR, [https://www-pmddtc-state-gov.translate.google.com/ddtc\\_public/ddtc\\_public?id=ddtc\\_public\\_portal\\_litar\\_landing&\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=sge](https://www-pmddtc-state-gov.translate.google.com/ddtc_public/ddtc_public?id=ddtc_public_portal_litar_landing&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge)
35. European Data Act, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-act>
36. Espacio común europeo de datos, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/data-spaces>
37. Chips JU, <https://www.chips-ju.europa.eu/>
38. Electronic Components and Systems Strategic Research and Innovation Agenda, <https://ecssria.eu/>
39. Integración del Chips Office en el nuevo Investment Accelerator, <https://www.meritalk.com/articles/white-house-wraps-chips-office-into-new-us-investment-accelerator/>
40. National Semiconductor Research Center, <https://www.nist.gov/chips/research-development-programs/national-semiconductor-technology-center>
41. Ley de Seguridad Nacional, <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-10389>
42. Ruben Schaubroeck, leader of McKinsey's Technology, Media & Telecommunications,
43. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/lifting-europes-ambition/videos-and-podcasts/how-europes-tmt-sector-could-become-a-global-leader?strc=39D0FC47023E4635AF08D4793722DB26&cid=other-eml-alt-mip-mck&hlkid=57c0d6b75d9f4953b9e8510bd87c108a&hctky=15859147&hdpid=782a3f31-5ef3-418a-b437-f9410459ce92>



A graphic consisting of a vertical line on the left and a horizontal line at the bottom, meeting at a right angle. The area to the left of the vertical line and below the horizontal line is filled with diagonal hatching lines.

TODOS  
LOS DATOS  
DISPONIBLES  
EN COTEC.ES





# SEMI CONDUCTORES

Descubrimiento  
de oportunidades  
en el sector  
estratégico de los  
semiconductores  
en España