



**COMILLAS**  
**UNIVERSIDAD PONTIFICIA**

ICAI

ICADE

CIHS

**Grado en Administración y Dirección de Empresas**

**E4 Boston**

**Trabajo de Fin de Grado**

**¿CUÁL ES EL ORIGEN DE LA CRISIS DE LOS  
SEMICONDUCTORES QUE HA PUESTO EN JAQUE LA ECONOMÍA  
MUNDIAL, Y QUÉ DESAFÍOS Y SOLUCIONES PRESENTA?**

**Marta García-Perrote Rodríguez**

**Junio 2022**

## EXECUTIVE SUMMARY

In this past year, the semiconductor crisis has been broadly discussed for its great impact on the economy worldwide. In this thesis, the semiconductor industry will be studied, in order to understand the origin of the crisis, its impact on the markets, and the plausible threats and opportunities towards the future. Additionally, the semiconductor supply chain and its phases will be studied, as well as the main components of their fabrication and distribution, and the relevance to other products and sectors, such as cars, cryptocurrency, and more. Lastly, the extent of the economic, political, and social relevance of the semiconductor industry will be addressed, giving plausible solutions to the current state of the industry, the limitations of resources, and the development of a circular economy that is more aligned with ESG principles.

*Keywords: semiconductor, chip crisis, global economy, COVID-19 pandemic, commercial relationship*

## VERSIÓN EN ESPAÑOL

En el último año mucho se ha hablado de la llamada “crisis de los semiconductores” que ha puesto en jaque a la economía mundial. A lo largo de este trabajo se analizará la industria de los semiconductores con el objetivo de entender cuál es el origen de esta crisis, qué impacto ha tenido en los mercados, y cuáles los desafíos y soluciones a futuro. Se estudiará el mercado de los semiconductores a lo largo de su cadena de valor, los factores principales en su fabricación y distribución, y la relevancia que los semiconductores tienen para otros productos y sectores, como el automotriz, las criptomonedas y demás. Por último, se medirá la relevancia de la industria en los ámbitos económico, político y social, y se propondrán actuaciones que contribuyan a solucionar el estado actual del sector y el desabastecimiento, y acciones que contribuyan al desarrollo de una economía circular, más acorde con los principios ESG de sostenibilidad.

*Palabras clave: semiconductor, crisis de microchips, economía global, pandemia, relaciones comerciales*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....</b>	<b>4</b>
<b>LISTADO DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1. INTRODUCCIÓN .....	7
1.2. OBJETOS DEL TRABAJO .....	7
1.3. METODOLOGÍA .....	8
1.4. ESTRUCTURA .....	9
<b>2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....</b>	<b>10</b>
<b>3. LA APLICACIÓN DE LOS SEMICONDUCTORES EN DIFERENTES DISPOSITIVOS Y SU RELEVANCIA EN CADA INDUSTRIA .....</b>	<b>16</b>
<b>4. LA DISTRIBUCIÓN DEL MERCADO DE LA INDUSTRIA DE LOS SEMICONDUCTORES .....</b>	<b>23</b>
4.1. LA DEFINICIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE LOS SEMICONDUCTORES .....	23
4.2. LAS CARACTERÍSTICAS DE LA COMERCIALIZACIÓN EN DIFERENTES PAÍSES Y LAS EMPRESAS PRINCIPALES DEL SECTOR EN LAS FASES “ <i>FABLESS</i> ” E IDM.....	24
4.3. LA DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA DE SEMICONDUCTORES.....	35
<b>5. LAS CAUSAS PRINCIPALES DE LA CRISIS DE SEMICONDUCTORES... 36</b>	
5.1. EL IMPACTO DE LA PANDEMIA .....	36
5.2. LAS RELACIONES COMERCIALES ENTRE ESTADOS UNIDOS Y CHINA .....	37
5.3. LA CADENA DE SUMINISTRO Y OTROS MOTIVOS DE LA ESCASEZ DE LOS SEMICONDUCTORES .....	37
<b>6. LAS MEDIDAS TOMADAS POR ORGANIZACIONES Y AUTORIDADES. 39</b>	
6.1. OTROS FACTORES RELEVANTES EN EL IMPACTO SOBRE LA INDUSTRIA.....	40
<b>7. LA POLÉMICA ACTUAL SOBRE LA INDUSTRIA .....</b>	<b>42</b>
7.1. EL IMPACTO CLIMÁTICO DE LAS FÁBRICAS DE SEMICONDUCTORES.....	42
7.2. EL EFECTO DE LA ESCASEZ DE SEMICONDUCTORES EN PAÍSES SUBDESARROLLADOS .....	42
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>50</b>
<b>10. APÉNDICE .....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Las distinciones entre materiales según su conducción .....	10
Tabla 2: Usos de los semiconductores por industrias en 2025 .....	16
Tabla 3: Número aparatos médicos para uso personal en Estados Unidos .....	19
Tabla 4: La especialización de tipo de semiconductor en distintas fases de la cadena de suministro .....	24
Tabla 5: La distribución de la cuota de mercado de semiconductores por países .....	25
Tabla 6: Las empresas principales del sector, su procedencia y su cuota de mercado... ..	25
Tabla 7: Datos de la cuenta de resultados de Intel en 2021 .....	27
Tabla 8: Datos de la cuenta de resultados de Microntech en 2021 .....	29
Tabla 9: Datos de la cuenta de resultados de Qualcomm en 2021 .....	30
Tabla 10: Datos de la cuenta de resultados de Samsung Electronics en 2021 .....	32
Tabla 11: Datos de la cuenta de resultados de SK Hynix en 2021 .....	33

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Distribución por países del crecimiento del uso de semiconductores en la industria sanitaria.....	20
Ilustración 2: El precio de mercado de Intel y su volatilidad en 5 años .....	27
Ilustración 3: El precio de mercado de Microntech y su volatilidad en 5 años.....	28
Ilustración 4: El precio de mercado de Qualcomm y su volatilidad en 5 años.....	30
Ilustración 5: Recuperación de la economía en forma "Z" .....	41

## LISTADO DE ABREVIATURAS

ESG	<i>“Environmental, Social and Corporate Governance”</i>
Si	Silicio
BCG	Boston Consulting Group
SiO <sup>2</sup>	Óxido de Silicio
Ge	Germanio
ASML	<i>“Advanced Semiconductor Materials Lithography”</i>
EDA	<i>“Electronic Design Automation”</i>
IDM	<i>“Integrated Device Manufacturer”</i>
DAO	<i>“Discrete, Analog &amp; Other”</i>
GPU	<i>“Graphics Processing Unit”</i>
PIB	Producto Interior Bruto
NASDAQ	<i>“National Association of Securities Dealers Automated Quotations”</i>
U.S. GDP	<i>“United States Gross Domestic Product”</i>
EE. UU.	Estados Unidos
DRAM	<i>“Dynamic Random-Access Memory”</i>
SDRAM	<i>“Synchronous DRAM”</i>
SDD	<i>“Solid-State Drive”</i>
M	Millones

KRX	“Korea Stock Exchange”
KRW	“Korean Won”
HDD	“Hard Disk Drive”
SK	“South Korea”
TSMC	“Taiwan Semiconductor Manufacturing Company”
3D	Tres dimensiones
NT\$	Nuevo dólar taiwanés
ONU	Organización de las Naciones Unidas
EPA	“Environmental Protection Agency”
SiC	Carburo de Silicio

# 1

## Introducción

### 1.1. Introducción

Los materiales semiconductores y sus aplicaciones han sido factor clave en el desarrollo y crecimiento de las sociedades modernas, ya que son la base de gran parte de las nuevas tecnologías. Los semiconductores son necesarios para el funcionamiento de prácticamente todos los dispositivos electrónicos que utilizamos a diario, o para la fabricación de coches, teléfonos móviles, telecomunicaciones, etc., y son necesarios para el desarrollo de la inteligencia artificial. En los últimos años, el crecimiento de la demanda procedente de muchos sectores diferentes ha ocasionado que, en muchos casos, la capacidad de producción de las empresas sea inferior a la demanda del mercado. Estos desequilibrios entre oferta y demanda han afectado directamente a los precios y disponibilidad de los productos.

La escasez de semiconductores en el mercado ha generado desequilibrios profundos entre la oferta y la demanda de semiconductores, que se han visto agravados por factores externos como la COVID-19, con la adopción masiva del teletrabajo, o las tensiones comerciales entre las principales potencias mundiales. Pero no se trata de una crisis coyuntural. Se trata de algo más profundo o estructural. Las empresas han visto afectada su capacidad de producción como consecuencia de esta crisis, y centran sus esfuerzos en desarrollar un plan de acción que les permita responder a la demanda de manera inmediata y a medio plazo. En el largo plazo, el sector requiere reformas estructurales que, además de la adopción de principios de economía sostenible.

### 1.2. Objeto del trabajo

El objeto principal del trabajo es llegar a un entendimiento de lo que es un semiconductor y la estructura de su industria, para así poder entender el origen de la crisis.

Los objetivos específicos son:

- ◇ Dar una definición del semiconductor como concepto, su origen y los tipos
- ◇ Entender el impacto y la relevancia para otras industrias
- ◇ Definir el funcionamiento del mercado global
- ◇ Identificar a los principales jugadores del sector
- ◇ Medir los factores de mayor influencia sobre la crisis
- ◇ Dar recomendaciones de alternativas para solucionar la crisis
- ◇ Cuestionar el propio sistema y proponer una manera de fortalecer la economía global
- ◇ Dar soluciones a los problemas de escasez y dependencia de partes
- ◇ Proponer nuevos métodos sostenibles

### **1.3. Metodología**

El trabajo comienza con una metodología de carácter descriptivo, en la que se proporcionan definiciones de las características de un semiconductor, sus funciones y su composición de elementos. Además, esta sección también incluye una descripción de la condición y la producción de los semiconductores para el funcionamiento de otros productos, en los diferentes procesos de su cadena de producción. A continuación, se realizará un estudio específico de sus procesos y objetivos comerciales en diferentes países.

La segunda parte utiliza una metodología explicativa, que trata de enfatizar el impacto en de la industria de semiconductores en la economía, la estabilidad política, el medio ambiente y otros ámbitos.

Por último, se mezclan los dos tipos de metodología, descriptiva y explicativa, además de introducir una parte de análisis, al explicar las medidas tomadas por fabricantes, comerciantes y autoridades para afrontar la crisis, proponer las áreas de mayor importancia, y dar recomendaciones en diferentes escenarios.



## 1.4. Estructura

El trabajo se compone de siete partes diferentes, además de las conclusiones, la bibliografía y el apéndice. La primera parte es una introducción al tema, seguida por una definición de los objetivos y de la metodología propuesta.

El segundo apartado es la revisión de la literatura, que se introduce con una definición del concepto de semiconductor como tal y sus formas, además de los tipos de elementos de los que se compone, su extracción y comercialización. La revisión de la literatura tiene como objetivo analizar artículos de carácter científico y académico sobre un área de conocimiento hasta la fecha. En este trabajo de fin de grado, se evaluarán múltiples referencias para contextualizar y rebatir las hipótesis formadas ante la pregunta del trabajo.

En el tercer apartado se da una explicación de la relevancia de semiconductores en otras industrias, como la fabricación de coches, la sanidad o la tecnología financiera. Además, en la siguiente sección se definirán los principales países de comercialización de semiconductores y las empresas de mayor tamaño. También se incluirán algunas de las medidas tomadas por las autoridades correspondientes.

La quinta sección consiste en definir las causas de la crisis de semiconductores, para después explicar las medidas tomadas por organizaciones en la sexta parte.

Por último, se incluye un apartado centrado en describir la controversia de la industria actual y su impacto desde una perspectiva sostenible y, después, se proponen una serie de recomendaciones en forma de posibles soluciones a la crisis en diferentes plazos temporales. En este apartado también se recogen todos los conceptos definidos y los argumentos propuestos.

# 2

## Revisión de la literatura

### ¿Qué es un semiconductor?

Un semiconductor se define como una materia poseedora de la propiedad de la conductividad. En condiciones apropiadas, este puede actuar bien como conductor de electricidad, o como aislante de la misma. Además, puede modular la cantidad de conducción que se da en cada proceso. Los tipos de materiales más comunes que actúan como semiconductores incluyen el Silicio, el Germanio, el Azufre, el Oxígeno, y otros elementos de la tabla periódica.

En la siguiente gráfica, podemos observar de manera visual las diferencias entre los semiconductores, con otros materiales conductores o aislantes, en función de su condición y su naturaleza (Diferenciador, 2022).

*Tabla 1: Las distinciones entre materiales según su conducción*

	<b>Conductor</b>	<b>Semiconductor</b>	<b>Aislante</b>
Qué es	Material que permite la circulación libre de electricidad	Material que permite una circulación medible de la electricidad	Material que no permite la circulación de electricidad
Cómo actúa	Requiere una fuente de tensión eléctrica para permitir una libre descarga de energía	Permite la conducción eléctrica bajo determinadas condiciones y en cantidades limitables	No permite la conducción eléctrica, la evade casi al 100%, exceptuando condiciones extremas
De dónde procede	Esencialmente del cobre, pero también incluye materiales	El Silicio y el Germanio son los semiconductores por excelencia	Habitualmente cerámicas, madera, aceites, y algunos otros

como el oro, la plata  
u otros metales

*Fuente: Diferenciador, 2022*

Existen algunas diferencias entre semiconductores, que nos permite categorizarlos en dos tipos: los semiconductores intrínsecos y los extrínsecos (Porto & Merino, 2014). Los primeros están compuestos por un solo átomo y se relacionan por enlaces covalentes. Además, son reactivos a los incrementos en la temperatura, que es cuando se creará la carga eléctrica. Por otro lado, los semiconductores extrínsecos pueden experimentar un proceso conocido como dopaje, por el cual se agregan una serie de impurezas a los materiales para modificar sus propiedades eléctricas. Así, se altera su estructura para traspasar electrodos o para crear huecos para facilitar su transmisión.

### **Los tipos de semiconductor según sus propiedades**

Dentro de los usos en aparatos electrónicos, podemos identificar diferentes funciones de la actuación de los semiconductores. Esta característica será determinante en el tipo de aparato en el que cada semiconductor es implementado (Coluccio, 2021).

*Transistor.* Los transistores, debido a su capacidad de ajustar la magnitud de la conducción, pueden modular una señal de electricidad para ser más amplia, oscilada o rectificada. Son comunes en aparatos como relojes o lámparas.

*Circuito integrado.* Los semiconductores de este tipo, formando parte de un circuito, actúan como pieza fundamental para el funcionamiento de un sistema. Suelen ser implementados en teléfonos móviles, ordenadores, u otros dispositivos similares.

*Diodo eléctrico.* La principal función de los diodos eléctricos es la de convertir una corriente alterna en una continua. Su uso es esencial para los paneles fotovoltaicos, por ejemplo (Iberdrola, 2021).

*Sensor óptico.* Esta clase de semiconductor se caracteriza por su habilidad de detectar una corriente eléctrica, para después interrumpir o cambiar su intensidad, como en el ratón de un ordenador (EcuRed, 2019).

*Láseres de estado sólido.* A través de un proceso de excitación, emiten radiación como reacción a las corrientes eléctricas. Los tipos varían en función del estado de la materia que emiten (Bausá, 2016).

*Modulador.* Los moduladores provocan la variación de la onda eléctrica para poder ser transmitida como una señal a otro aparato electrónico. Los encontramos en antenas de entrada y salida u otros dispositivos de telecomunicación (Eustat, s.f.).

Además, se pueden distinguir entre semiconductores de lógica, memoria o de tipo DAO, en función de su uso. Los de lógica funcionan con códigos binarios para procesar, controlar o conectar información. Los semiconductores de memoria almacenan información de manera temporal o permanente. Por último, los de tipo DAO incluyen transistores, sensores y otros moduladores de electricidad (Varas, Varadarajan, Goodrich, & Yinug, 2021).

## **Los materiales esenciales para la producción de semiconductores**

### Los tipos de elementos y su extracción

La primera fase de la cadena de producción de los semiconductores es la extracción. Los materiales se extraen de diferentes fuentes ricas en estos elementos. El más abundante es el Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) presente en el 25% de la corteza terrestre. Este elemento se extrae directamente de la arena de la arena del mar o del cuarzo, a través de un proceso costoso de purificación y transformación que se realiza con hornos de reducción. Este proceso elimina los materiales como el carbono, el calcio o el hierro, sometiendo el elemento a la actuación de un reactor y, a continuación, a un proceso de destilación. Las temperaturas llegan hasta los  $950^\circ\text{C}$  y logran casi el 100% de pureza (Solar and Wind Energy, 2010).

Otra materia prima que es utilizada con frecuencia como conductora de electricidad es el Germanio (Ge). A diferencia del Silicio, este no se obtiene con la extracción de minerales

determinados, si no que resulta de la metalurgia del cobre, el zinc o el plomo, entre otros (Atilano, 1999). Tanto el Silicio como el Germanio tienen una mayor resistencia a fenómenos como la oxidación, toxicidad u otros sucesos que desestabilicen sus propiedades.

Por último, la tercera fuente de semiconductores más popular se denomina Arseniuro de Galio, procedente de técnicas de vaporización o crecimiento en estados vaporosos, líquidos o fundidos. El Arseniuro de Galio puede ser propicio a una reactividad alta sobre el ácido y la humedad, que puede producir otros componentes peligrosos (Guo, 2011). Otros materiales incluyen el Azufre, el Oxígeno, el Selenio, el Indio u otros materiales químicos de combinaciones, que son menos abundantes y cuya pureza no es igual de óptima que los mencionados anteriormente. Por ello, su extracción es menos utilizada al ser menos efectiva y rentable.

#### La modificación de los elementos

El silicio se obtiene esencialmente de arenas, siendo casi el 30% de su composición de estas. Se trata del elemento más abundante y barato después del oxígeno, encontrado en arenas de mar, grava y otros lugares de la corteza terrestre (Solar and Wind Energy, 2010). Tras extraer los elementos de diferentes lugares, el proceso de modificación ha de darse con el fin de purificar los mismos. Así, serán útiles para su aplicación en los distintos aparatos aportando la propiedad de la semiconducción. Estos procesos son simples, en relación a otras fases de la cadena de producción de los chips. Se requieren equipos de alta sofisticación, como hornos de temperaturas extremas (López J. C., 2021).

China es productora del 70% del silicio a nivel mundial, llegando a las 5,4 millones toneladas métricas. El segundo país de mayor producción es Rusia con un 10% de la producción total de china, seguida por Brasil, Noruega y Estados Unidos (Statista, 2022). Desde los países productores, el silicio ya modificado se exporta para su posterior modificación en Estados Unidos y Europa, o se distribuye en esencialmente en países asiáticos. La producción masiva es causante de la escasez de recursos disponibles, al ser su recuperación más lenta que su extracción. En los próximos años, podríamos ver un periodo en el cual la demanda supere a la oferta (López J. , 2019).

El Germanio también se produce mayoritariamente en China, en un 75% del total de la producción. Otros países con donde se produce Germanio incluyen países europeos como Bélgica, Francia, Alemania, España, además de Canadá y Estados Unidos. El uso de Germanio para la creación de semiconductores supone un 15% de la producción total del elemento (EcoMetales, 2018).

Otros elementos se encuentran en minerales, rocas y otros suelos, combinados con otros materiales y repartidos por el mundo en diferentes proporciones. Las empresas utilizan distintas formas de extracción, producción y comercialización, en diferentes procesos de la cadena de valor.

Lucchese en su artículo en 2021 define la industria de los semiconductores como indispensable para cualquier sector en la tecnología, siendo esencial para las comunicaciones, el transporte, la sanidad y muchas otras. La industria crece a una tasa superior a la mundial en las últimas décadas, lo que reafirma la relevancia del sector.

En el informe McKinsey (Burkacky, Lingemann, & Pototzky, 2021) se fundamenta la existencia de una crisis de semiconductores que resulta en la escasez de microchips de silicio. También se evalúa la procedencia de la crisis, afirmando que no es un solo motivo el causante del desabastecimiento. Se relaciona con la pandemia, las tensiones geopolíticas, la limitación de la capacidad de las fábricas, y el desarrollo de nuevas tecnologías que requieren chips más avanzados.

Mohd & Aznan discuten las cualidades que muestran una crisis coyuntural han surgido a consecuencia del COVID-19. La economía mundial experimentó una recesión en 2020, seguida por una recuperación de forma “Z” en 2022. La manera en la que se han cambiado las fuentes ingresos, el precio de la acción y el comercio de las empresas de semiconductores muestran características similares en este espacio temporal (2021).

El informe por BCG (2021) trata de definir de la cadena de producción por países y categorías para ser menos dependiente y para evitar la escasez. Los aspectos estructurales muestran fragilidades en la cadena de suministro de los microchips. Este estudio propone las resoluciones de mantener los esfuerzos de innovación de materiales y tecnologías,

reforzar la cadena de suministro aprovechando la especialización de los diferentes países, pero tratando de mejorar la alta concentración a través de políticas de protección y acuerdos comerciales, y desarrollar alternativas a la oferta actual en lugares estratégicos y a través de la inversión en investigación y desarrollo.

Las tensiones entre China y Estados Unidos en los últimos años provocan una “carrera de autosuficiencia”, en un proceso complejo y estratégico que supondría una ventaja competitiva con un impacto notable (García Herrero, 2021).

En la actualidad, otro estudio McKinsey habla de algunos de los resultados de la crisis de microchips han provocado una subida de los precios de los productos tecnológicos, además de las fábricas operando a su máxima capacidad, y las empresas destinando gran parte del capital de inversión a la investigación y el desarrollo (Burkacky, de Jong, & Dragon, 2022).

La recuperación de la industria en el corto plazo ha sido solucionada parcialmente, para resistir los próximos años. Los planes en el medio y largo plazo se centran en optimizar los procesos de producción de semiconductores a través de la inteligencia artificial. También se buscan nuevas oportunidades de fabricación de chips, además de nuevos acuerdos comerciales para fortalecer la cadena de suministro (Lucchese, 2021).

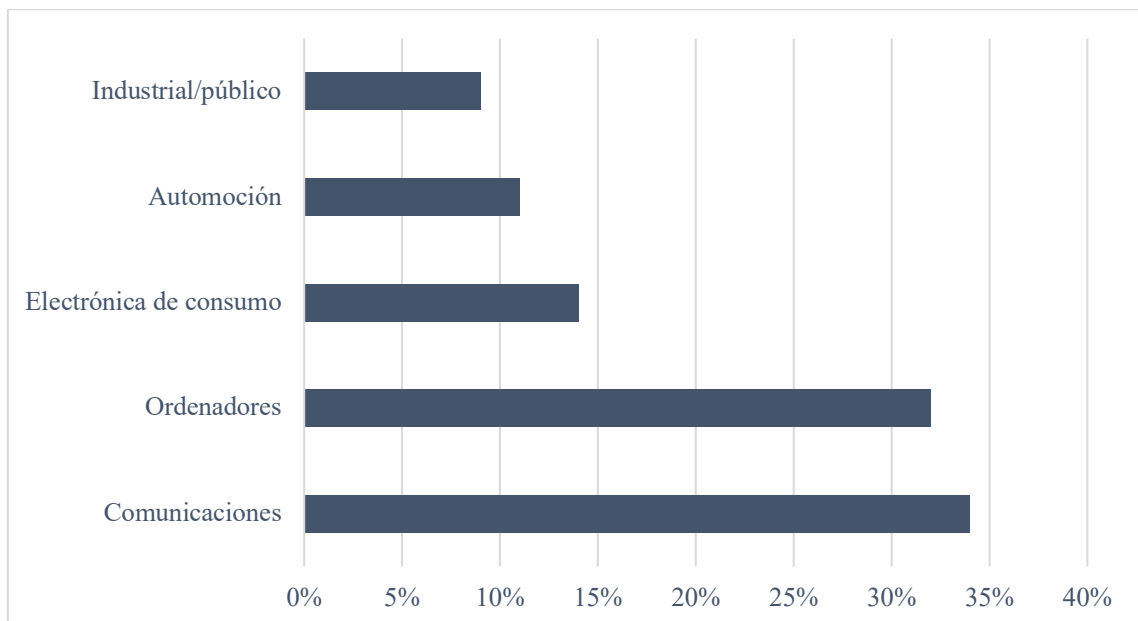
Es más, la industria adapta un nuevo enfoque hacia la sostenibilidad con la intención de llegar a las cero emisiones de dióxido de carbono en 2050 y contribuir en la lucha contra el cambio climático. Como propone otro estudio por McKinsey, las empresas de microchips tratarán de utilizar únicamente energías de fuente renovable, además de técnicas como la inteligencia artificial para optimizar los procesos y el consumo de materiales (2022).

### 3

## La aplicación de los semiconductores en diferentes dispositivos y su relevancia en cada industria

Los semiconductores son imprescindibles para múltiples industrias, especialmente para la electrónica, que engloba la parte más avanzada de la industria sanitaria, la fabricación de coches, consolas, electrodomésticos y demás. En 2021, el valor del mercado de componentes eléctricos llega a los \$286.3 billones, con una tasa de crecimiento estimada de 9,2% anual, pudiendo alcanzar los \$500 billones en 2028 (Grand View Research, 2021). Además, estos componentes se distribuyen en mercados de aparatos tecnológicos. El siguiente gráfico muestra la distribución global de aparatos eléctricos en la industria tecnológica prevista en 2025:

*Tabla 2: Usos de los semiconductores por industrias en 2025*



*Fuente: Funds Society, 2021*



A continuación, se describirán las características de las diferentes industrias, haciendo énfasis en su dependencia de los semiconductores.

### **Aparatos eléctricos**

Los semiconductores están integrados en la mayoría de los aparatos electrónicos que se utilizan en el día a día. Móviles, ordenadores, tablets, y muchos otros, son ejemplos de dispositivos dependientes de estos chips. Su uso es esencial para asegurar el funcionamiento del sistema protegiendo las partes del aparato, además de otras funciones, como aplicar el código binario, procesar documentos o crear la memoria del dispositivo.

Incluso la gigante tecnológica Apple ha experimentado las consecuencias de la crisis de estos microchips. El tamaño y la capacidad económica de la empresa ha permitido que la demanda no se vea afectada por el momento. Los pedidos llegan a los clientes y el stock se mantiene estable. Eso sí, su principal proveedor Nikkei ya ha reportado problemas para cumplir con la demanda algunos de sus productos estrella, como el MacBook o los iPads. La producción ha disminuido y se ha paralizado en algunos productos, por lo que si pudiera reflejarse este desajuste en el corto plazo (de Juana, 2021).

También se emplean semiconductores en la fabricación de electrodomésticos, como frigoríficos, hornos o lavadoras, para controlar las medidas de temperatura, tiempo, respuestas automáticas y demás.

### **Industrial**

El sector industrial requiere semiconductores para la manufacturación de productos de todas las clases. La inteligencia artificial, utilizada para agilizar y optimizar procesos, sustituyendo la mano de obra humana por máquinas. Estas interacciones se llevan a cabo a través de sistemas eléctricos, dependientes de materiales semiconductores. Prácticamente todas las cadenas de producción de cualquier industria implementan semiconductores en alguna fase del proceso. Por ello, se puede afirmar que los semiconductores se encuentran en la mayor parte de las industrias.

## Automóviles

Los fabricantes de coches usan los semiconductores como piezas esenciales de los sistemas electrónicos. Su tamaño es minúsculo, pero su integración es necesaria para el funcionamiento de los coches modernos. Además, las nuevas funcionalidades para lograr la máxima precisión en los coches han favorecido el incremento de semiconductores por coche. Algunos de los ejemplos de las aplicaciones de un semiconductor podrían ser el flujo de energía entre la batería y el motor de un vehículo en el que se optimiza la energía, o la precisión de reacción del airbag en caso de colisión. Además, estos automóviles cuentan con sistemas eléctricos integrados, como sensores de presión o giro, frenado automático, aplicaciones y muchas otras (Jiménez, 2021). La empresa Bosch utilizaba una media de 17 chips por vehículo en 2019. Además, el precio de la implementación de microchips oscilaba en los 100 euros en el 2000, y se podría multiplicar hasta por cinco en 2023.

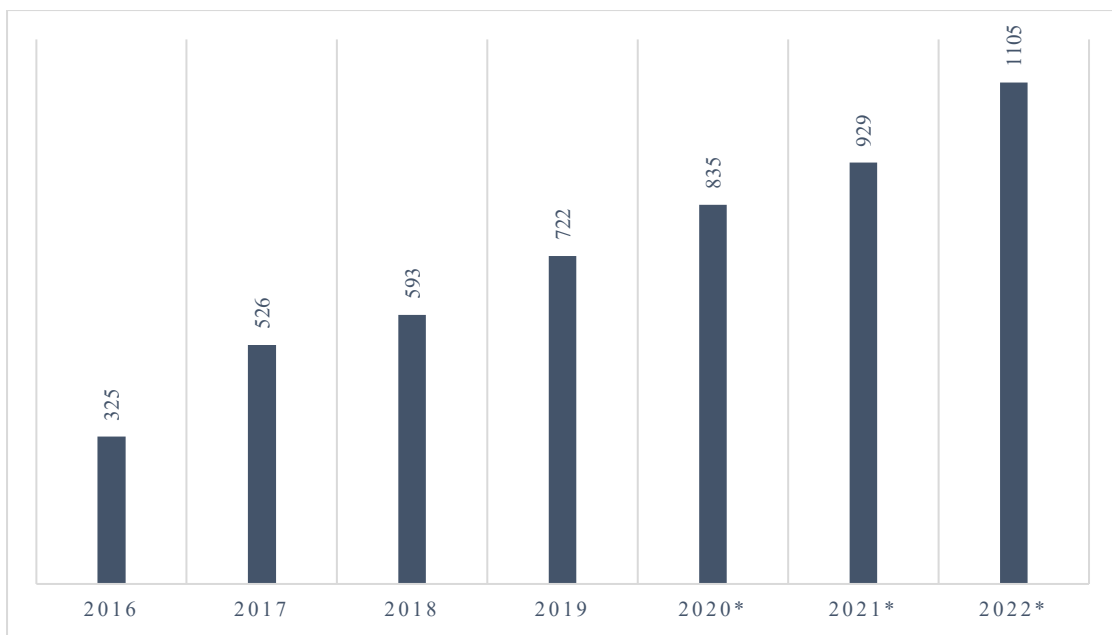
En 2021, la multinacional Honda ha declarado una reducción de la producción de automóviles por la escasez de semiconductores (Fuentes, 2021). El riesgo fundamental para esta industria se ha originado por la pandemia. La demanda se ha disparado en otros aparatos electrónicos, como móviles, ordenadores, “*tablets*” u otros aparatos necesarios para trabajar desde casa. Por el contrario, la reducción de la movilidad paralizó la demanda de coches, y las fabricantes de semiconductores dirigieron su oferta hacia otras industrias. Esto ha dado lugar a retrasos en los pedidos de nuevos coches, modelos de coches con alteraciones, como la falta de sensor delantero y trasero para el aparcamiento, o incluso revalorización de los coches de segunda mano. En total, se estima que la industria de automóviles podría haber perdido ingresos de hasta 210.000 millones de dólares en 2021 (Pardo, 2022) .

## Sanidad

En la industria de la sanidad, la medicina avanzada requiere microchips en la mayor parte de los procesos, para dar lugar a soluciones más precisas y eficientes. Los aparatos médicos monitorizan el estado de la salud para personas. Por ejemplo, las

personas diabéticas tenían que recurrir a agujas y pruebas de manera frecuente para mantener un control de su salud. Con la medicina avanzada, se han desarrollado medidores de glucosa, de elevada precisión y conectados a dispositivos móviles vía Bluetooth. Estos miden la tensión, los niveles de glucosa y demás, y mandan datos que son archivados en la aplicación. Asimismo, las cirugías que necesitan maquinaria o las intervenciones a través de robots sanitarios también integran chips. Además, están presentes en otros productos como monitores para dar información de los signos vitales de un paciente, o un marcapasos para medir los latidos del corazón (Modor Intelligence, 2020).

*Tabla 3: Número aparatos médicos para uso personal en Estados Unidos*

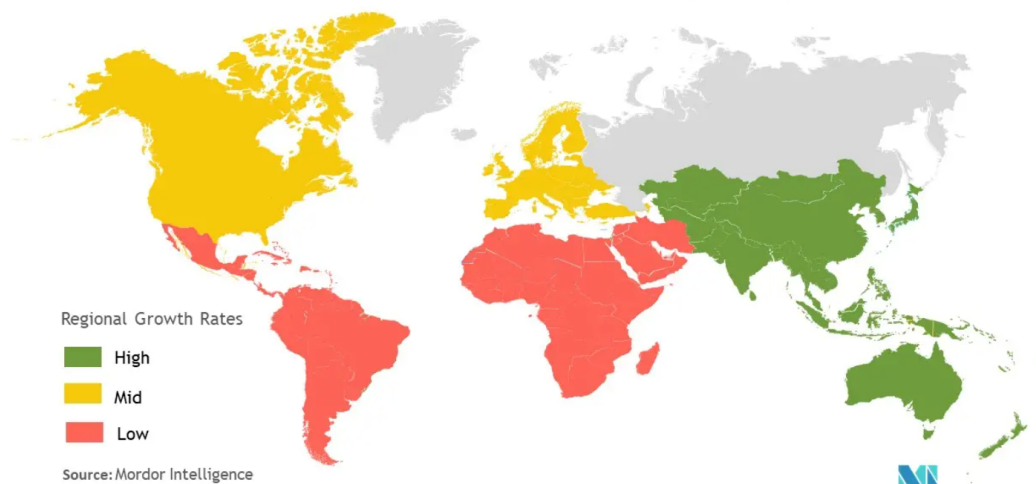


*\*Previsión*

*Fuente: Modor Intelligence, 2020*

Por ello, es evidente que la importancia de los semiconductores en la sanidad se ha intensificado en los últimos años. Podemos observar en el siguiente gráfico el aumento en diferentes regiones:

*Ilustración 1: Distribución por países del crecimiento del uso de semiconductores en la industria sanitaria*



*Fuente: Mordor Intelligence, 2020*

Las tasas de crecimiento suponen alrededor de un 50% en la categoría “*high*”, o al menos en un 5% en “*low*”. Con ello, también se incrementaría la demanda de semiconductores en una cuota incluso mayor, al estar cada aparato formado por múltiples microchips.

Los siguientes sectores consumen un número menor de semiconductores por el tamaño de la propia industria, pero son relevantes para este trabajo por su total dependencia de los microchips, además de sus altas tasas de crecimiento esperadas en los próximos años:

### **Energías Renovables**

El cambio climático ha provocado muchos cambios en nuestros hábitos, los dispositivos que utilizamos y las fuentes de energía. Por ello, la inversión de energías renovables o de bajo nivel de carbono, como la fotovoltaica, hidráulica o la eólica, se ha incrementado en un 250% entre 2010 y 2020 (Roca, 2021). A pesar de que todas

las energías requieren semiconductores en algunos de sus procesos, la transformación de energía solar es la más dependiente de la implementación de semiconductores. Estas estructuras tienen microchips integrados, en forma de diodos, por su función de conversión de energía. La energía solar se transforma en eléctrica a través de los mismos.

Las plantas fotovoltaicas han subido su rentabilidad en los últimos años, al ser menos costosas en la instalación, además de muy productivas en los países con alta exposición solar. La escasez de semiconductores ha provocado un incremento en el su coste, al reducir la producción de baterías de litio, un componente clave para el funcionamiento de la placa. Por ejemplo, en 2021 subida del precio de las placas solares desde junio de 2020 fue de un 400% (El Boletín, 2021). Además, también son necesarios en los reguladores y otros sistemas de esta, lo cual establece una dependencia total de las energías renovables al sector de los microchips (TechnoSun, 2021).

## **Videoconsolas**

Los videojuegos son simulaciones de la realidad o realidad virtual, controlados por mandos y conectados a dispositivos electrónicos. El entretenimiento a través de videojuegos también ha incrementado a causa del COVID. El efecto provocó un incremento de las ventas de Nintendo Switch, la principal empresa de videoconsolas, en 10 millones de 2019 a 2020. Además, Sony y Xbox entraron al mercado en ese mismo año, y en 2022 llegaron a ventas de, respectivamente, 12,59 y 8,75 millones (Alsop, 2022). En los últimos años, la crisis de los semiconductores ha provocado que adquirir una videoconsola sea un reto. Los últimos modelos de videojuegos o videoconsolas se venden a precios disparatados en páginas web de reventa, o se acaban en cuestión de segundos cuando se repone su stock en tiendas online o establecimientos.

La empresa Xataka, especializada en la publicación de datos y ofertas de última hora para los “gamers”, ha identificado un plan de respuesta a la crisis de ASML Holding, un conglomerado de creación de chips a través de litografía. Su estrategia es comprar

lavadoras para extraer sus microchips y así poder producir videoconsolas (Yasif, 2022).

## **Criptomonedas**

La “*fintech*” o tecnología financiera es una industria que ha surgido con los avances tecnológicos de los últimos años, llegando a un valor de 3 billones de dólares en 2021 (Mena, 2021). Se basa esencialmente en las criptomonedas, medios digitales de intercambio o monedas digitales, cuyas transacciones se producen a través de la tecnología *blockchain*. Su gran volatilidad es atractiva para inversores que generalmente tienen un perfil similar, caracterizado por una menor aversión al riesgo y en busca de altas recompensas en un corto plazo de tiempo. Las principales criptomonedas en el mercado de mayor valor en la actualidad son Bitcoin, Ethereum, USD Coin, Binance Coin o Tether (Trecet, 2022). A pesar de no ser objetos físicos, las criptomonedas la información de los movimientos se almacena en discos o equipos de almacenamiento en la nube, cuya pieza vital es el semiconductor. Los microchips se destinan al diseño del hardware de estas, denominados procesadores GPUs, necesitan materiales semiconductores y máquinas con potencias extremas.

# 4

## La distribución del mercado de la industria de los semiconductores

La definición de una industria debe incluir el conjunto de las actividades implicadas en el proceso de transformación de materias primas para obtener un producto final. Además, debe hacer referencia a la situación del mercado, en función de la oferta y la demanda, y del estado de la competencia, incluyendo los posibles sustitutos y las barreras de entrada al mismo. El objetivo de esta sección es evaluar el estado de la industria de los semiconductores en un contexto global. Para ello, es necesario identificar los países con mayor producción y comercio de semiconductores.

### 4.1. La definición de la cadena de suministro de los semiconductores

La cadena de valor se divide en diferentes partes (**Anexo I**). En primer lugar, justo después de la investigación, se da la fase EDA (“*Electronic Design Automation*”), en la cual se desarrollan y diseñan los sistemas electrónicos, denominado en inglés “*fables*”. A continuación, se lleva a cabo la creación de las obleas en la fase de fabricación “*front-end*”, conocida como “*foundries*”. Por último, la fabricación “*back-end*” incluye la implementación de otros materiales, las pruebas y los procesos de embalaje. En 2019, el diseño proporcionaba un valor añadido del 50% a la industria, mientras que la fabricación “*front-end*” un 24% y de fabricación “*back-end*” un 6%.

Además, por un lado, tenemos las empresas que integran el diseño y la fabricación de dispositivos (IDMs o “*Integrated Device Manufacturer*”) que suponen en 71% de las ventas totales en 2019. Se especializan en microchips de memoria y DAO. Por otro lado, otras empresas se especializan en solo una de las fases de *fables*, *foundries*, y de prueba de los estándares definidos, las cuales suponen un 29% del total de las ventas en el mismo año. Su especialización se centra esencialmente en la categoría de lógica (Varas, Varadarajan, Goodrich, & Yinug, 2021).

Tabla 4: La especialización de tipo de semiconductor en distintas fases de la cadena de suministro

2019	Lógica	Memoria	DAO
IDMs			
<b>Ventas</b>	53%	98%	75%
<b>Capacidad</b>	21%	98%	94%
Fabless, Foundries y “Testing”			
<b>Ventas</b>	47%	2%	25%
<b>Capacidad</b>	79%	2%	6%
Beneficio sobre la industria	42%	26%	32%

Fuente: BCG, 2021

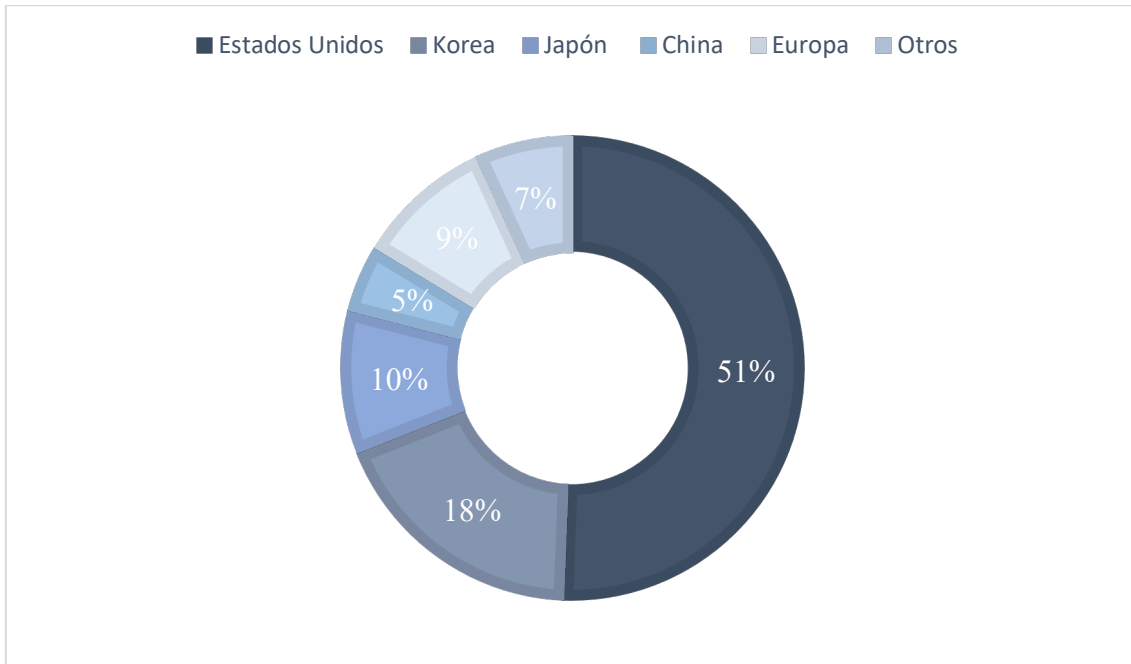
#### 4.2. Las características de la comercialización en diferentes países y las empresas principales del sector en las fases “fabless” e IDM

Las principales potencias en la industria de los semiconductores eran originalmente Europa, Estados Unidos y Japón, en orden descendente de tamaño de la industria. En la época de los 90 componían casi el 100% de la industria.

A partir del 2000, la industria se ha desplazado mayoritariamente hacia China, Taiwán y Corea del Sur. Actualmente, las principales empresas fabricantes de semiconductores suponen más del 50% de la economía global y son de origen en Estados Unidos, Corea del Sur, Taiwán y Japón. El siguiente gráfico muestra la división del mercado total de semiconductores en 2019:



Tabla 5: La distribución de la cuota de mercado de semiconductores por países



Fuente: InvestKorea, 2020

A continuación, se presenta una tabla con de las 10 mayores compañías, incluyendo su nombre, su tamaño en el mercado y su procedencia:

Tabla 6: Las empresas principales del sector, su procedencia y su cuota de mercado

	Empresa	Fase	%	País
1	Intel	IDM	15,60%	EE. UU.
2	Samsung Electronics	IDM & Foundries	12,50%	Corea del Sur
3	SK Hynix	IDM	5,60%	Corea del Sur
4	Micron Tech.	IDM	4,90%	EE. UU.
5	Qualcomm	Fabless	4,00%	EE. UU.
6	Broadcom	Fabless	3,50%	EE. UU.
7	Texas Instruments	IDM	2,90%	EE. UU.
8	Media Tek	Fabless	2,40%	Taiwán
9	Kioxia	IDM	2,30%	Japón
10	Nvidia	Fabless	2,20%	EE. UU.

Estas empresas son las principales en la fase de diseño y fabricación de los elementos, la cual es la más compleja y de mayor importancia en la elaboración del producto final, el semiconductor (**Anexo II**). Además, dependiendo del tipo de semiconductor o las piezas que fabrica cada empresa, su tamaño y su relevancia en el mercado varía. Asimismo, el tamaño y el control de un país o empresa en el mercado está vinculado al tipo de semiconductores en cuestión, la fase de la cadena de producción o la manera de implementar los chips.

### Estados Unidos

La industria de los semiconductores conforma en términos absolutos el tercer sector de mayor PIB en Estados Unidos. La crisis de los semiconductores ha provocado un efecto de recesión del 1% del U.S. GDP. Los semiconductores conforman un total de 277.000 trabajos de manera directa, y casi dos millones de trabajos de manera indirecta, al ser esenciales para la variedad de industrias mencionadas anteriormente (Fabian, 2022).

Las principales empresas en Estados Unidos de desarrollo de semiconductores son:

#### **Intel**

Intel es la empresa de mayor tamaño de la industria, destinada a los circuitos integrados. Su mercado esencial es Estados Unidos, pero también opera en otras regiones de Asia, Europa y América del Sur. Su principal producto son los procesadores x86, un tipo de chip esencial para ordenadores y otros dispositivos. Es una empresa pública, que cotiza en el NASDAQ. El valor de sus acciones ha crecido en un 30,18% en los últimos 5 años. La pandemia provocó un descenso del precio de las acciones en 2020, que logró estabilizarse en enero de 2021. Desde enero, la crisis de los semiconductores es uno de los motivos por el cual el precio de la acción está experimentando un periodo de decadencia.

Ilustración 2: El precio de mercado de Intel y su volatilidad en 5 años



Fuente: Google Finance, 2022

A pesar de ello, los ingresos se mantienen estables, e incluso en 2021 aumentaron en un 1,49% respecto al año anterior, llegando a los 79 millones de dólares. El siguiente gráfico incluye otros datos del rendimiento financiero de 2021, además del cambio interanual.

Tabla 7: Datos de la cuenta de resultados de Intel en 2021

	Ingresos	Ingresos Netos	Margen de Beneficio Neto	Costes sobre Beneficio
<b>2021</b>	\$79,02 mil M	19,87 mil M	25,14%	\$35,21 mil M
Cambio Interanual	+1,49%	-4,93%	-6,33%	+2,78%

Fuente: Google Finance, 2022

## Microntech

Microntech es la segunda empresa de mayor tamaño de esta industria de origen norteamericano. Su principal oferta son semiconductores de diversos tipos de almacenamiento de memoria, como flash, DRAM, SDRAM o SSD.

Al igual que Intel, cotiza en el mercado de valores americano, NASDAQ. Su precio ha incrementado en 153,42% en los últimos 5 años. El efecto del COVID-19 y la crisis de la industria también han tenido consecuencias negativas en los últimos trimestres. En 2020 la acción tuvo una bajada, leve en comparación a otras empresas de semiconductores, dándose una recuperación en 2021. El valor de la acción subió a máximos históricos, llegando a \$97,32 en enero de 2022, pero se ha devaluado en un 30% en mayo del mismo año.

*Ilustración 3: El precio de mercado de Microntech y su volatilidad en 5 años*



*Fuente: Google Finance, 2022*

La cuenta de resultados muestra unos ingresos de \$27,72 millones, habiendo aumentado en un 29,25% en 2021 respecto al año previo. Los datos son expuestos en el siguiente gráfico, de análisis de rendimiento financiero de Microntech.

*Tabla 8: Datos de la cuenta de resultados de Microntech en 2021*

	<b>Ingresos</b>	<b>Ingresos Netos</b>	<b>Margen de Beneficio Neto</b>	<b>Costes sobre Beneficio</b>
<b>2021</b>	\$27,71 mil M	5.861,00 M	21,16%	\$17,23 mil M
Cambio Interanual	+29,25%	+118,12%	+68,74%	+15,79%

*Fuente: Google Finance, 2022*

## **Qualcomm**

Qualcomm es la tercera empresa estadounidense de mayor peso en la industria. Su principal línea de negocio son los chipsets en teléfonos móviles CDMA y W-CDMA. Al igual que Nvidia, Qualcomm se caracteriza por la comercialización de productos sin fábricas propias. Los dispositivos se crean a través de Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (Fernández, 2021). La cotización de sus acciones en el NASDAQ muestra un comportamiento similar a Intel y Microntech. En los últimos 5 años, se ha producido un incremento del 154,11% del precio de las acciones, a pesar de ver una caída del 1,73% en el último año, tras una subida en la etapa de la pandemia.

Ilustración 4: El precio de mercado de Qualcomm y su volatilidad en 5 años



Fuente: Google Finance, 2022

En 2021, Telecomm ha tenido unos ingresos de \$33,57 millones, con un 42,65% con respecto a 2020. Los siguientes datos muestran el rendimiento financiero anual en 2021 con la cuota de diferencia del año anterior.

Tabla 9: Datos de la cuenta de resultados de Qualcomm en 2021

	Ingresos	Ingresos Netos	Margen de Beneficio Neto	Costes sobre Beneficio
<b>2021</b>	\$33,57 mil M	9.043,00 M	26,94%	\$14,26 mil M
Cambio Interanual	+42,65%	+73,97%	+21,96%	+54,10%

Fuente: Google Finance, 2022

## Corea del Sur

Corea del Sur es la mayor competencia a Estados Unidos en la industria. El mercado de esta Corea depende en gran medida de la industria de la electrónica, componiendo alrededor del 55% de sus exportaciones en 2020 (Oficina Económica y Comercial de España en Seul , 2021). Las compañías principales, Samsung Electronics y SK Hynix, se centran en el desarrollo de dispositivos de memoria, siendo un 58,4% en 2019 del mercado global de memoria, en comparación con 28,7% de Estados Unidos (InvestKorea, 2020).

### **Samsung Electronics**

Samsung Electronics es una compañía con sede en Corea del Sur, parte del Grupo Samsung, segunda marca de teléfonos móviles después de Apple. La parte de “Electronics” se especializa en el desarrollo de electrónica y tecnologías, como baterías de litio, piezas de cámaras y demás. También es líder mundial en el desarrollo de tecnologías de semiconductores.

Samsung desarrollará en 2022 una planta de \$17 mil millones en Texas, Estados Unidos. El proyecto estima una duración de unos dos años, tiempo record en la industria (Samsung Newsroom, 2021).

Las acciones de Samsung cotizan en la bolsa coreana (KRX). La volatilidad de las acciones refleja un comportamiento similar, con bajadas leves en 2020 y una rápida recuperación a lo largo de 2021 con máximos históricos. En 2022 el precio vuelve a caer, pero se mantiene estable<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Los datos numéricos de la tabla han sido calculados con la conversión del KRX (moneda coreana) al dólar estadounidense en 10 de mayo de 2022 a las 11:23 (EST). Precio del USD: 0,00078 frente a 1 KRX.

Tabla 10: Datos de la cuenta de resultados de Samsung Electronics en 2021

	Ingresos	Ingresos Netos	Margen de Beneficio Neto	Costes sobre Beneficio
<b>2021</b>	\$0,22 B	\$0,031 B	14,04%	\$0,13 B
Cambio Interanual	+18,07%	+50,41%	+27,40%	+15,17%

Fuente: Google Finance, 2022

Los datos incluyen otras empresas del conglomerado, por lo que no reflejan únicamente la función de los semiconductores y su crisis de escasez.

### SK Hynix

SK Hynix es la segunda compañía de mayor tamaño proveedora de semiconductores de memoria DRAM y de circuitos de memoria *flash*. La demanda experimentó una bajada en los inicios del COVID-19, pero se ha recuperado con el aumento de ordenadores y teléfonos (Lee, 2022).

En 2022, la empresa declara el mejor primer trimestre de su historia, con unos ingresos que llegan a los \$9.6 miles de millones. Esta estación se suele caracterizar por ser menos activa, pero este año se ha beneficiado del aumento de la demanda de SSD. Los “*Solid-Waste Storage*” han surgido recientemente con el fin de almacenar información a una mayor velocidad. Los expertos empiezan a considerar mejor este producto que los tipos de memoria HDD (Mellor, 2022).



Al igual que Samsung, la empresa cotiza en el KRX, mostrando unas variaciones en el precio de su acción similares a otras empresas de la industria<sup>2</sup>.

*Tabla 11: Datos de la cuenta de resultados de SK Hynix en 2021*

	<b>Ingresos</b>	<b>Ingresos Netos</b>	<b>Margen de Beneficio Neto</b>	<b>Costes sobre Beneficio</b>
<b>2021</b>	\$0,034 B	\$0,0026 B	-	\$0,019 B
Cambio Interanual	+34,79%	+101,94%	-	+14,02%

*Fuente: Google Finance, 2022*

## Japón

El mercado de semiconductores japonés se caracteriza por proporcionar equipos de fabricación de los semiconductores y participar en el proceso de transformación del silicio. En 2019, Japón supone un 14% del total de la cadena de suministro, esencialmente en la fase de “*foundries*” (Varas, Varadarajan, Goodrich, & Yinug, 2021).

Además, la dependencia del mercado japonés en los semiconductores está relacionada con la fabricación de coches. La industria (automóviles, ordenadores, transformación de materiales) conforma casi el 30% del PIB de Japón, siendo un sector con total dependencia de los semiconductores. El impacto de la crisis de semiconductores provocó una ralentización de la economía japonesa, por ejemplo, con la reducción de la producción de vehículos en un 12,01% en 2020 (Expansión, 2020).

La empresa Kioxia, del grupo Toshiba, destaca en Japón por ser la mayor productora de chips de memoria de la región. Kioxia forma parte de la categoría IDM, llevando a cabo el diseño y el proceso de fabricación de los chips (López P. , 2020).

---

<sup>2</sup> Los datos numéricos de la tabla han sido calculados con la conversión del KRX (moneda coreana) al dólar estadounidense en 10 de mayo de 2022 a las 11:23 (EST). Precio del USD: 0,00078 frente a 1 KRX.

## Europa

También podemos evaluar la presencia de Europa como conjunto de países en la industria de semiconductores. La Unión Europea es altamente dependiente del suministro de Estados Unidos y de Asia. Los países con mayor producción de semiconductores son Francia e Italia, con la empresa ST Microelectronics, destinada al diseño y fabricación de microchips (IDM). Los ingresos de la compañía ascienden a los 12.8 miles de millones de euros en 2021 (Macro Trends, 2022). La cuota de mercado supone un 2,8% del total de la industria de semiconductores (Alsop, 2021). Además, la empresa alemana Infineon Technologies es la segunda mayor fabricante de chips europea, desarrollando chips de sensor en la fase IDM. Sus ingresos llegan a los 11 miles de millones de euros en 2021 (Infineon Technologies AG, 2022).

### **4.2. Las características de otras empresas esenciales en la fase “foundries”**

## Taiwán

Taiwán es la principal potencia mundial de producción de semiconductores, con la mayor parte del peso en la empresa TSMC, especializada en circuitos integrados. El 90% de los semiprosesadores se fabrican en Taiwán, componente esencial para las criptomonedas, por ejemplo (Yubero, 2021).

## **TSMC**

TSMC no aparece en el listado de empresas anteriores por estar en otra fase de la cadena de valor. La compañía es la mayor fundidora de materiales para la fabricación de semiconductores. TSMC es proveedora de las principales empresas de Estados Unidos, incluyendo Apple, Intel, Qualcomm, Nvidia o AMD, entre muchas otras. Es más, la crisis de los semiconductores ha impulsado la asignación de cuotas por parte de TSMC a sus clientes para ajustar los procesos de producción (López J. C., 2022).

La empresa destaca por sus capacidades tecnológicas, de gestión empresarial y de aprovechamiento de la distribución a través de trenes de alta velocidad. Se considera la empresa más potente de Taiwán. En 2021, la compañía supone una contribución del 5% al PIB taiwanés, y una subida que ha provocado máximos históricos en este índice (Bloomberg, 2022). Su valor de mercado es casi la mitad de la economía de Taiwán con un valor de NT\$13,7<sup>3</sup> trillones netos. Además, casi el 60% de las exportaciones del país provienen de TSMC (Long, 2021).

TSMC cotiza en el mercado de valores de Taiwán (TWD). A diferencia de otras empresas relevantes en la industria, TSMC experimento importantes subidas entre 2019 y 2021. En 2022 llego a máximos históricos y es ahora cuando se está dando una bajada del precio de la acción. Podríamos decir que es más pronunciada que las bajadas que otras empresas tras la estabilización de la economía tras el impacto de la pandemia en 2022.

#### **4.3. La distribución de la demanda de semiconductores**

Tras analizar el origen de la oferta de microchips, se puede observar una gran diferenciación con la demanda. La oferta de microchips proviene esencialmente en Estados Unidos, Taiwán y Corea del Sur. Posteriormente, se venden a fabricantes chinos o estadounidenses que integran los microchips en aparatos electrónicos, siendo China un 35% y EE. UU. un 25% del consumo global. Las empresas de Taiwán, Japón, Corea del Sur y Europa tienen una demanda de alrededor del 10% cada una para esta fase de integración de microchips ya creados. El consumo del producto finalizado es mayor en Estados Unidos, China y Europa. Los dos primeros se mantienen en porcentajes similares, mientras que los países europeos consumen el doble de productos de los que producen, como se puede observar en el **Anexo III** (BCG, 2021).

Los semiconductores son el cuarto producto más comercializado del mundo (BCG, 2021). A pesar de ello, estos datos reflejan la concentración de la industria de microchips en estos países, que destacan por una alta especialización de las partes, cuya complejidad propone unas barreras de entrada para otras empresas extremadamente competitivas, y prácticamente inaccesibles (Cerem, 2022).

---

<sup>3</sup> El valor de 1 NT\$ es de 0,034 dólares estadounidenses, en 24 de mayo de 2022.

# 5

## Las causas principales de la crisis de semiconductores

### 5.1. El impacto de la pandemia

En los primeros meses de pandemia, las empresas de automóviles suspendieron sus pedidos de semiconductores por una previsión de una industria paralizada. Los motivos incluyen las restricciones de movilidad por la pandemia ralentizaban los tiempos de entrega de los chips, además de la paralización de su principal mercado de producción de coches (Gallegos, 2021). Las empresas de producción de semiconductores experimentaron una caída en el valor de sus acciones llegando en 2021 a la pérdida de valor de 73,30% en las acciones de Nvidia, el 28,58% de Micron o alrededor del 20% de Qualcomm e Intel. Incluso las consecuencias de la guerra entre Estados Unidos y China que influían negativamente a las relaciones comerciales en un ámbito global (Méndez, 2021).

Al mismo tiempo, la pandemia provocó un crecimiento exponencial en la demanda de semiconductores. La nueva realidad virtual provocada por la emergencia sanitaria del COVID-19 conllevó a un cambio en nuestro consumo, que impulsaría la necesidad de ordenadores, teléfonos y otros aparatos del hogar. Es más, con la aparición de las vacunas, las empresas automotrices no tardaron más de unos meses en reanudar sus pedidos.

Los procesos de creación de chips son muy complejos y específicos, lo que explica como un cambio de tal magnitud en la oferta y la demanda tuvo un gran impacto en la industria. La alteración del modo de vida común y, por tanto, del consumo, ha supuesto un incremento de la necesidad de microchips total. La situación de la pandemia provocó un cambio drástico en un corto periodo de tiempo para una industria que necesita un proceso de adaptación de años. En ese momento, no existían fabricas para poder responder a la demanda, ya que su creación puede tardar hasta 4 años. Actualmente, el tiempo de espera para conseguir semiconductores chinos, estimado por la plataforma Bloomberg, es de

unas 27 semanas (Pérez, 2022). Además, tanto las empresas proveedoras de materias primas como las fábricas o compañías de transporte experimentaron un descenso de sus ingresos. Con ello, las de menor tamaño se vieron obligadas a cerrar o a prescindir de empleados, reduciendo así la velocidad del proceso de producción. Los confinamientos también provocaron un impacto negativo en la eficiencia, al tener un alto número de bajas temporales y justificadas en un corto plazo de tiempo (Moko Technology, 2022).

## **5.2. Las relaciones comerciales entre Estados Unidos y China**

En 2017, Trump declaró a China como competidor estratégico del país. Esto supuso una transformación de las políticas de comercio con China con el objetivo de incrementar la competencia. Las nuevas regulaciones se dan en forma de aranceles a las importaciones de productos chinos o a las exportaciones de productos estadounidenses, además de acuerdos hacia empresas con lazos en ambos países que limitan su actividad. Tras el cambio de presidencia, el nuevo candidato Joe Biden ha optado por mantener las regulaciones contra China, además de encontrar alianzas en Europa o Japón, por ejemplo. Estados Unidos ha tratado de limitar principalmente el desarrollo en tecnología, fortaleciendo su propia posición estratégica. A pesar de ello, China se ha centrado en el crecimiento orgánico, destinando fondos a empresas chinas para llegar a la autosuficiencia, e invirtiendo en adquisiciones en Europa y otros países asiáticos (García & Tan, 2021).

En el sector de los semiconductores, el control del mercado por parte de China suponía una excesiva concentración de la demanda. Por consiguiente, las empresas chinas tienen un poder de negociación mayor, las características de los productos se adaptan a sus necesidades, y la industria está condicionada por la hegemonía de su economía. Al ser uno de los sectores más relevantes de la economía global, el poder de este mercado incrementa e influye por sí solo a prácticamente cualquier actividad económica.

## **5.3. La cadena de suministro y otros motivos de la escasez de los semiconductores**

El desajuste de la oferta y la demanda provocada por la pandemia no fue el único motivo que hizo estallar esta crisis. China compra más de 1/3 del total de la oferta de semiconductores, y es el mayor productor de silicio con diferencia. TSMC es proveedora del 90% de los semiprocesadores. Las empresas estadounidenses proporcionan casi la

mitad de la oferta. Estos son solo algunos ejemplos que evidencian la concentración de la industria.

Como se menciona en el apartado anterior, la concentración se traduce en la existencia de pocas empresas que producen y proveen prácticamente toda demanda de semiconductores de las múltiples industrias dependientes de ellos. Cada empresa tiene un alto poder de negociación, siendo clientes y proveedores poco notables. La competencia y la alta necesidad de inversión que requiere el mercado, por la complejidad de sus procesos, imposibilitan la capacidad de entrar en el mercado por parte de empresas de menor tamaño. Una vez más, la posición y la relevancia de la industria crean una condición de dependencia entre la industria de los semiconductores y las economías globales. Esta fragilidad se refiere al impacto de cualquier suceso o desajuste. Su magnitud supone un riesgo altísimo para las economías y las otras industrias. Como ejemplo, la fabricación de un microchip tarda alrededor de unos 3 meses. Se lleva a cabo en fábricas especializadas que funcionan las 24 horas del día, cada día de la semana. Los procesos tienen altos costes, derivados de la necesidad de contar con la mayor precisión de aparatos tecnológicos, la total limpieza de las máquinas y su ambiente, que no pueden permitir ni una mota de polvo. Cualquier mínimo fallo cuesta miles de millones de euros a estas empresas. Es más, los avances tecnológicos en las partes del proceso, como podrían ser la litografía para formar los patrones de un circuito, o el propio tamaño del transistor, supondrían ahorros importantes. Debido a esta precisión, un cambio de esta naturaleza supondría ahorros importantes, pero dejarían estas fábricas obsoletas (El País, 2021).

Además, los materiales para su fabricación son recursos naturales, caracterizados por la alta variabilidad de precios, en función de la extracción, de su cantidad, y otros factores económicos. Una subida o bajada en estos materiales tendría un impacto notable en el precio de la fabricación y comercialización de semiconductores. Por ejemplo, el Silicio ha aumentado alrededor de un 300%. Por ello, los precios de elementos utilizados para su fabricación se han disparado (El Boletín, 2021). De todas maneras, al ser un mercado volátil, el suministro de obleas de silicio está fijado a través de contratos de empresas en el largo plazo. Aun así, la subida de los precios a estas escalas imposibilitaría a los productores a mantener una rentabilidad, que terminaría por encarecer los productos (Baños, 2022).

## 6

# Las medidas tomadas por organizaciones y autoridades

El gobierno estadounidense, con las empresas principales de la industria, están llevando a cabo un proceso de reactivación de la industria a nivel nacional. En los próximos años, se planea construir dos fábricas en Arizona, a través de un acuerdo con la empresa taiwanesa TSMC (López J. C., 2022). Además, también se está llevando a cabo un plan para lograr una menor dependencia de otros países. Por ejemplo, las importaciones de microchips o productos para su creación de otros países a Estados Unidos se han reducido de un 16% en 2001 a menos del 6% en 2019 (Morales, 2021). Por ello, Estados Unidos amplió las medidas de exportación de productos extranjeros para limitar la exportación a empresas de origen no norteamericano.

TSMC también planea construir una nueva fábrica en Japón de obleas para los microchips, destinada a responder a la demanda nacional japonesa de semiconductores para la fabricación de coches y otros aparatos eléctricos. Estos semiconductores lograrían reducir el tamaño actual de 5 nanómetros a 2 nanómetros, o menos (Fernández, 2022). Esta planta supondría una inversión de 7 mil millones de dólares, teniendo a las empresas japonesas Denso y Sony como aliados (Erard, 2021). Denso tendrá una participación del 10%. El objetivo principal, además de incrementar la oferta de semiconductores, es de reducir la dependencia japonesa en la industria de China, con Estados Unidos como mayor aliado (Shen & Blanchard, 2022).

Tras la crisis de semiconductores, Europa también ha iniciado un proyecto para impulsar la industria conocido como “*European Chips Act*”. La propuesta consiste en ampliar el mercado de semiconductores europeo hasta un 20% a nivel global. Para ello, se requiere una intensificación del desarrollo de fábricas de microchips para abastecer a los países de la Unión Europea y ampliar la exportación, a través de nuevos proyectos apoyados por fondos europeos (Herranz, 2020).

Además, TSMC plantea la creación de una nueva planta de fundición en Alemania, por sus características geográficas, hegemonía económica y alta demanda de microchips, especialmente en el sector automotriz (García J. , 2021).

Otras alternativas que plantea la Europa se centran en la investigación y desarrollo a través de entidades privadas. La empresa Técnicas Reunidas de origen español, ha encontrado una nueva manera de fabricar semiconductores, con un coste inferior, una calidad similar y una huella de carbono equivalente al 20% de la total creada por otros fabricantes en China (Sánchez Molina, 2020).

Por último, como ha sido mencionado anteriormente, la industria de semiconductores es vital para la economía de Taiwán. En la actualidad, el país experimenta una de las sequías más devastadoras de la historia. Por otro lado, la producción de semiconductores necesita grandes cantidades de agua, por lo que la industria podría verse afectada (Funds Society, 2021). Debido a su importancia en el país, el gobierno ha decidido desinvertir en el riego de tierras agrícolas por destinar los fondos a las pérdidas provocadas en la industria tecnológica, ya que la pérdida de clientes tendría peores consecuencias (Yubero, 2021). TSMC ampliará su negocio con proyectos de expansión e internacionalización en Estados Unidos, en Japón y en Europa.

### **6.1. Otros factores relevantes en el impacto sobre la industria**

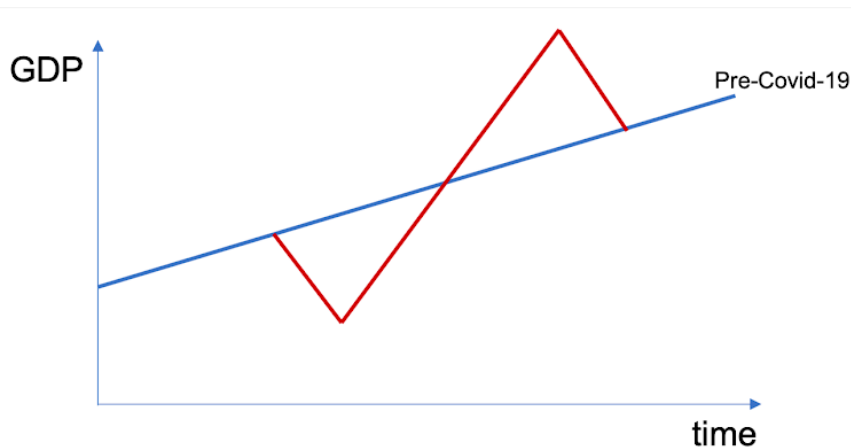
Los conflictos políticos de las dos mayores potencias industriales, Estados Unidos y China, han provocado la creación de aranceles y acuerdos comerciales de los respectivos países, además de con otras regiones. Por ello, las relaciones comerciales entre China y Estados Unidos complican la estabilidad de la industria. Por ejemplo, en mayo de 2020, el gobierno norteamericano trató de limitar las exportaciones de TSMC a la empresa china Huawei, además de equipos de ASML a otras empresas chinas (Long, 2021).

Además, el comportamiento de las acciones en bolsa entre 2020 y 2021, común en todas las empresas descritas, se relaciona con la pandemia. Otras crisis tardan periodos de 2 a 6 años en lograr esa estabilidad. Las características excepcionales de la crisis de la pandemia han permitido una recuperación rápida de la economía. Eso sí, a pesar de que la crisis de semiconductores no está exclusivamente relacionada con la crisis del Covid-



19 en 2021, se puede observar un comportamiento similar de la industria, caracterizado por ser “Z-shaped”. Este término se refiere a una corrección de la economía, hasta llegar a un crecimiento que supondría unos resultados mejores que la etapa pre- Covid-19. Tras un periodo de adaptación, la economía experimenta una leve bajada para estabilizarse en el largo plazo (Acunzo, 2020).

*Ilustración 5: Recuperación de la economía en forma "Z"*



*Fuente: Acunzo, 2020*

Asimismo, el reciente conflicto causado por la invasión rusa a Ucrania ha provocado ascensos de los tipos de interés, además de otras consecuencias relacionadas con la inestabilidad de las economías, la alteración de rutas de comercio, y la necesidad de carecer de productos ucranianos o rusos, como el gas u otros materiales. Con ello, Europa tendrá que desarrollar nuevos planes para asegurar la prosperidad de la industria de semiconductores europea (Estévez, 2022).

Por último, esta crisis ha sido un reflejo de la importancia de los semiconductores en todas las industrias. Con ello, demuestra el papel de este sector en la lucha contra el cambio climático. Sus complicados procesos de producción, alto uso de recursos, y dependencia de otras industrias son un claro indicador del peso de la industria en las emisiones de carbono a nivel global, lejos de los principios ESG de sostenibilidad (El Economista, 2021).

# 7

## La polémica actual sobre la industria

### 7.1. El impacto climático de las fábricas de semiconductores

La industria de los semiconductores es una de las más contaminantes por su alta necesidad de agua y de electricidad. Según la ONU, el sector de la energía es responsable del 35% de las emisiones de carbono a nivel global (United Nations, s.f.). Este sector incluye las actividades económicas relacionadas con el uso de petróleo, gas, carbón y otros productos energéticos, como el transporte, la comercialización de productos eléctricos o la producción (Coll, 2021). En Taiwán, en 2019, las emisiones del sector de energía fueron del 62% de las emisiones totales. Se prevé que el uso de electricidad en 2022 de la empresa TSMC asciendan a más del 7% del uso total del país. Intel, en tan solo una de sus plantas en Arizona consumió más de 3.500 millones de litros de agua y produjo 15 millones de kg de residuos peligrosos en el primer trimestre de 2021 (Belton, 2021).

Además, su fabricación requiere la utilización y modificación de elementos de la Tierra, de una manera masiva. Estos recursos son limitados y cada vez es más difícil acceder a puntos ricos en estos elementos. La Ley de Moore afirma que el número de transistores en un microchip se dobla cada dos años. Por consiguiente, se incrementará la necesidad de materiales y de elementos para transformación de manera exponencial. Además, al ser proveedora de otras muchas industrias, es responsable de una gran parte de sus niveles de producción.

La ley de protección del medio ambiente por la EPA (*USA Environmental Protection Agency*) fue creada en 2008 (EPA, 2008). No ha sido modificada desde entonces, tras el crecimiento exponencial de la industria y las investigaciones sobre el cambio climático.

### 7.2. El efecto de la escasez de semiconductores en países subdesarrollados

Al igual que otras recesiones, las empresas más grandes cuentan con una mayor capacidad económica para resistir fluctuaciones en el precio de los productos o ajustes en la cadena

de valor en el largo plazo. También cuentan con inventario para resistir imprevistos en el corto y medio plazo. Por el contrario, las empresas de menor tamaño o pequeños comercios tienen control en el corto y medio plazo, más que en el largo. Cada factor tiene una gran relevancia en el resultado económico de estas empresas.

Es más, las principales potencias mundiales extraen minerales de países menos desarrollados a precios considerablemente bajos, para la exportación y posterior transformación en las fábricas propias o su venta a mejores precios. Con ello, utilizan la ventaja competitiva para aprovechar la ventaja de localización de estos lugares. Al igual que en otras industrias, estas localizaciones cuentan con recursos abundantes y de bajo coste, al contar con mano de obra barata y sistemas prácticamente no regulados (Ney, 2014).

Los grupos sociales de menores ingresos o países subdesarrollados sufren las consecuencias de las prácticas de multinacionales. A pesar de no estar directamente relacionado con la crisis de los semiconductores, si no con la electrónica en sí, una de las grandes consecuencias de estos aparatos es el “*e-waste*” o desecho electrónico. Las grandes empresas norteamericanas y europeas utilizan técnicas para transportar aparatos electrónicos o piezas de ellos a países subdesarrollados o territorios desatendidos (Tech and Solutions, 2020). En África, los camiones de basura de estos aparatos son seguidos por comunidades, ya que una vez tiran los aparatos, tratan de obtener los materiales resultantes, inclusive niños menores de 10 años. Las prácticas incluyen la combustión de estos aparatos para obtener materias primas como el cobre para después venderlo o reutilizarlo. Este proceso produce químicos contaminantes y peligrosos para la salud respiratoria y desarrollo de estos niños. No solo eso, las tierras agrícolas y las aguas son contaminadas por estos químicos, los residuos y la contaminación de las plantas. Por ejemplo, en Taiwán el gobierno prioriza el uso del agua para la producción de semiconductores que para sus tierras.

Por último, entre muchos otros ejemplos, como se explica en la sección anterior, el impacto de la subida de los semiconductores también conlleva a una subida en los precios de productos esenciales en el día a día. Así, el acceso a estos bienes se limita a un menor rango de grupos sociales.

# 8

## Conclusiones

En definitiva, los semiconductores son materias únicas que permiten la conducción de la electricidad. Su existencia es esencial para el desarrollo de muchas otras industrias, y para la producción de aparatos electrónicos que están presentes en prácticamente todas nuestras actividades diarias. Tras analizar su comercio en diferentes países, se observa que los principales jugadores de la industria son Estados Unidos, Taiwán y Corea del Sur. China ocupa una posición importante para la integración de semiconductores en los productos que se comercializan posteriormente, además de para la producción de silicio. La industria de semiconductores contribuye en un alto porcentaje al PIB de estos países, y provoca dependencia de muchos otros sectores.

En 2017 y, en mayor magnitud en 2020, el sector de los semiconductores se ha visto afectado por una crisis proveniente de dos fuentes principales, una temporal y otra estructural. La primera se originó por las tensiones comerciales entre Estados Unidos y China que, a su vez, han repercutido al comercio global. Además, la pandemia por el COVID-19 en 2020 dio lugar a la paralización de la economía y a cambios en el comportamiento de los consumidores. Por otro lado, la parte estructural de la crisis se refiere a la distribución de la industria. La actual cadena de suministro se caracteriza por ser extremadamente compleja, concentrada y con grandes barreras de entrada para nuevas empresas que quieran entrar en el sector.

Como respuesta a la crisis, para lidiar con la escasez de microchips en el corto plazo, las fábricas de semiconductores han tratado de optimizar sus esfuerzos de capacidad de producción. Algunas compañías han encontrado otras alternativas, como extraer microchips de aparatos electrónicos para su reutilización. Además, han dividido de manera estratégica la oferta en sus diferentes clientes. También se han iniciado procesos como la implantación de aranceles en el comercio por parte de Estados Unidos, o el “Chips Act” por parte de la Unión Europea, o los planes de crecimiento de las empresas asiáticas. Aun así, no se ha encontrado una manera efectiva que solucione el problema de forma inmediata. En el medio plazo, la respuesta de la industria se basa en la creación de

nuevas fábricas en un plazo de unos 4 años, el mantenimiento de las fábricas existentes trabajando a máxima capacidad, y el uso de circuitos integrados como alternativa para los aparatos tecnológicos. Los principales competidores, Estados Unidos, Corea, Taiwán y Japón se han aliado para llevar a cabo los proyectos de construcción de nuevas plantas. Asimismo, los países europeos, China y otros jugadores de menor tamaño han optado por un crecimiento autónomo que intensifique su posición en el mercado, y reduzca la dependencia de otras partes en la industria.

Estas medidas tomadas por empresas y autoridades proponen soluciones para el medio plazo en cierta medida, pero no responden a otras cuestiones estructurales que se pueden dar en el futuro, como son una gestión más sostenible de recursos, una reducción de la actual dependencia en los semiconductores de la industria y un mercado más accesible. La escasez de materiales semiconductores en el planeta requiere una movilización del mercado para encontrar alternativas que aseguren la estabilidad de la industria. Los nuevos avances tecnológicos como los vehículos autónomos o la conexión 5G, aseguran el crecimiento y la necesidad de especialización de la industria (McKinsey & Company, 2021). Las fábricas son extremadamente costosas, contaminantes y a largo plazo, y tampoco previenen otra crisis en caso de que la demanda escale de nuevo. Por ello, se evalúan nuevas oportunidades de recuperación de la industria. En esta sección de conclusiones, teniendo en consideración la información estudiada, se dan las siguientes recomendaciones:

### **1. Una manera de optimizar el diseño de los semiconductores**

La complejidad técnica y económica de la fabricación de los microchips provoca la imposibilidad de construir nuevas fábricas en el corto plazo. La forma más beneficiosa de lograr la viabilidad de nuevas fábricas es encontrar nuevas maneras de fabricación que permitan la optimización de los procesos productivos a través de la constante innovación tecnológica y con herramientas de inteligencia artificial. Cualquier actualización supone una ventaja competitiva que puede cambiar por completo la posición de una empresa en el mercado.

Las empresas del mercado dirigen gran parte de su inversión a la investigación y el desarrollo, siendo la segunda industria en Estados Unidos en 2020 con una inversión del

14.2% de sus ventas (Burkacky, de Jong, & Dragon, 2022). Por ello, la competitividad extrema del mercado no permite no adaptarse de manera inmediata a los avances en la industria. Como propone el estudio por BCG, una de las practicas sugiere intensificar los “*talent pools*” o búsqueda de talento, a ejemplo de Estados Unidos y otras potencias mundiales. Con ello, se trata de formar a los mejores investigadores, informáticos e ingenieros que puedan diseñar sistemas superiores a los actuales.

Uno de los proyectos más recientes apuesta por la inteligencia artificial como clave para resolver la crisis de los semiconductores y asegurar el crecimiento de la industria en el futuro. En la actualidad, las configuraciones de los chips se llevan a cabo por ingenieros, pudiendo llegar a las 2.500 combinaciones para crear un solo circuito. Este proceso dura semanas, o incluso meses, al no haberse desarrollado una tecnología que lo automatice. Google ha desarrollado un sistema automatizado que simplificaría los procesos. Con ello, el tiempo de producción se reduciría y se intensificaría el volumen de esta. Aun así, el gigante tecnológico no ha logrado adaptar las ecuaciones correspondientes al nivel de crecimiento de la demanda y a los incrementos de transistores propuestos por la Ley de Moore (Canal, 2021).

Otras empresas apuestan por la creación de semiconductores artificiales, es decir, con las mismas propiedades que uno original, pero creado a través de la ciencia o de la tecnología. Por ejemplo, los circuitos u otras características de alguna fase del proceso han sido imitados a través del uso de impresoras 3D. Al simular las propiedades de un semiconductor, pueden servir como sustitutos de ciertas partes de los microchips creados por métodos tradicionales.

Así, se puede afirmar que existen numerosas opciones para desarrollar otro tipo de semiconductor, con diferentes materiales o técnicas, pero los métodos actuales son los más eficientes y dan mejores márgenes de beneficios por el momento. La apuesta evidente es la de la innovación tecnológica para simplificar y agilizar los procesos de producción.

## **2. Una alteración de la cadena de suministro**

El semiconductor es un producto sin sustitución que cubre la demanda de las mayores industrias de la economía global. Por ello, este sector cuenta con un respaldo financiero

de grandes inversores, empresas y gobiernos. La construcción de nuevas fábricas cuenta con una localización estratégica, en un mercado identificado y con una tasa de crecimiento exponencial. A pesar de ello, la industria como se conoce en la actualidad no es sostenible en el largo plazo. Se compone de pocos competidores, regiones de alta especificación y barreras de entrada inaccesibles. La cadena de producción se estructura de forma rígida, como se puede ver en el **Anexo IV**. Cada parte del proceso se lleva a cabo en un lugar, donde el poder de los principales competidores de la industria provoca una gran dependencia del resto de la cadena de suministro.

La interconexión y especialización de cada país es beneficiosa en el sentido que se dan los resultados más precisos para cada fase. Aun así, esto provoca una gran dependencia en cada pieza de la estructura. Llega a provocar riesgos estratégicos y de defensa por la vulnerabilidad de unas regiones sobre otras, además de ante otros sucesos como desastres naturales, ciber ataques o fallos técnicos. BCG propone introducir nuevas políticas para regular y medir la capacidad de las empresas en el mercado. Plantea el desarrollo de nuevas capacidades en otros países, además de apoyo a la educación en diferentes sistemas para colaborar y conectar ideas (2021).

Por otro lado, McKinsey habla de la especialización de empresas en diferentes regiones. Según el producto, se requieren diferentes tipos de semiconductores. Si se impulsa la investigación y desarrollo de manera más acotada, se podría contar con empresas de menor tamaño que requieran una menor inversión de capital. También menciona la posibilidad de hacer alianzas con empresas de desarrollo tecnológico en otros ámbitos, o con instituciones para apoyar la educación y mejorar la calidad del talento (2022).

Además, se podrían implementar cambios en la estrategia de producción. Si los países europeos o Estados Unidos sustituyeran los fabricantes asiáticos que operan al por mayor por empresas nacionales, podrían introducir estas compañías en la cadena de suministro y apoyar la economía local. Otra opción podría ser cambiar las políticas de inversionistas en las ampliaciones de capital para llegar a un público más diverso e inclusivo.

### 3. Una reforma de la industria para ser más sostenible

Las empresas del sector tienen como objetivo llegar a ser “*net-zero*” en 2050 para compensar las emisiones de la actividad industrial. Las medidas principales se basan en la sustitución en sus procesos productivos de combustibles fósiles por energía renovable, el uso de productos químicos menos contaminantes, y la optimización de los procesos a través de la tecnología (McKinsey & Company, 2022).

Aun así, las emisiones seguirán siendo altas y crecientes en los próximos años. Además, la industria de semiconductores es una de las más contaminantes, por sus altos niveles de producción, y el uso intensivo de recursos, como el agua, el silicio o la electricidad. Además, compensar no es sinónimo de reducir.

Para llegar a una reducción de las emisiones se podría plantear la propuesta de crear una economía circular. Una economía de esta clase se caracteriza por tratar de optimizar el uso de los materiales. Se basa en los pilares de las cuatro “R”: reducción, reutilización, reparación y reciclaje. Siguiendo el modelo de la reducción, cuestionando la producción intensiva, se podrían encontrar maneras de incrementar la efectividad de los semiconductores. Por ejemplo, reduciendo el número de microchips por coche o dispositivo eléctrico, o combinando circuitos para evitar duplicidad de materiales.

Además, se puede ampliar la vida de los dispositivos. Con la oportunidad de crear dispositivos más duraderos se podría dar un descenso de la demanda de productos electrónicos. Si los móviles tuvieran baterías más resistentes, o los coches durasen más años, no habría necesidad de cambiarlos con la misma frecuencia. Es más, para no frenar el crecimiento de la industria y mantener los niveles de producción actuales, se podría plantear una nueva rama centrada en la reutilización y el reciclaje. En consecuencia, se desarrollaría una industria destinada a extraer aparatos electrónicos en desuso que tengan microchips integrados. Así, se podría dar una segunda vida a los microchips que puedan ser implementados de nuevo. Esta abriría oportunidades a la entrada en el mercado de empresas que se dediquen a desmontar los dispositivos para obtener partes de ellos, como materiales, partes de microchips o los propios microchips en sí. Los materiales resultantes pueden servir como materiales de directa reutilización, de simulación para pruebas de calidad, o como referencias de diseño para la investigación. Por consiguiente, también se reducirían los niveles de desechos electrónicos y se optimizaría la gestión de recursos.



Otras opciones de proyectos más sostenibles incluyen la reducción del uso del agua en la producción, mediante el uso de productos sustitutos o, por otro lado, la implementación de sistemas regulados que apoyen las prácticas sostenibles como la rentabilización del carbono capturado. La fabricación sin agua se desarrolló con éxito hace años, sustituyéndola por disolventes que, en comparación, son mucho más resistentes a la oxidación. Este proceso solo funciona con algunos metales y los productos son más caros. Una vez más, a través de la investigación se podría llegar a una manera óptima de implementar este proceso (Comisión Europea, 2012). El segundo punto se puede dar a través del uso de otros componentes, que creen ondas magnéticas u otros sucesos químicos. Por ejemplo, el carburo de silicio es un componente químico que contiene carbono y silicio. Este elemento se puede utilizar para la fabricación de semiconductores. La transformación se da en condiciones diferentes y su uso es utilizado para microchips específicos. Los datos del estudio de (2022) evidencian la viabilidad de utilizar el carburo de silicio, y que está creciendo en el mercado (**Anexo V**). Así, una de las oportunidades que presentaría es transformar y utilizar el CO<sup>2</sup> capturado en las plantas de captura y almacenamiento. Estas plantas hasta ahora no son populares por su falta de rentabilidad, entre otras cosas, y los costes serían elevados, pero a través de soporte de los gobiernos, podría llevarse a cabo. Además, algunos de los beneficios incluyen las ventajas de comerciar en un mercado nicho, o la utilización de una menor cantidad de silicio, que podría contrarrestar la reciente subida de los precios del elemento (Lovati, 2021). Con ello, supondría una forma de comercializar el carbono en una industria en pleno auge, para asegurar la rentabilidad y ser beneficioso para el medio ambiente al mismo tiempo.

Tomando todo en consideración, la industria de los semiconductores sobrevivirá los próximos años con complicaciones para cubrir la demanda total. A partir de 2024, las nuevas fábricas tendrán la capacidad de responder al crecimiento de la industria. En los siguientes años, el sector se deberá centrar en la investigación y desarrollo para automatizar los procesos, el impulso de pequeñas y medianas empresas para disminuir la concentración, y la gestión sostenible de los procesos y los recursos. Estos puntos requerirán un esfuerzo extra de las organizaciones y autoridades, para asegurar la hegemonía de la industria en el largo plazo, evitar otras crisis de escasez, y crear una industria basada en principios sostenibles.

## Bibliografía

- Acunzo, A. (2020). *THE US MARKET POST COVID-19*. Obtenido de MTW Group: <https://www.marketingthatworks.us/the-us-market-post-covid-19.html>
- Alsop, T. (15 de Enero de 2021). *STMICROELECTRONICS' MARKET SHARE SEMICONDUCTOR REVENUE WORLDWIDE FROM 2008 TO 2019*. Obtenido de Statista: <https://www.statista.com/statistics/295476/semiconductor-revenue-of-stmicroelectronics-worldwide-market-share/>
- Alsop, T. (17 de Marzo de 2022). *CURRENT GENERATION VIDEO GAME CONSOLE UNIT SALES WORLDWIDE FROM 2017 TO 2021*. Obtenido de Statista: <https://www.statista.com/statistics/276768/global-unit-sales-of-video-game-consoles/>
- Atilano, O. (Diciembre de 1999). *INFLUENCIA DEL ANTIMONIO EN UNA ALEACIÓN DE ALUMINIO 319 BAJO CARGA DE TENSIÓN*. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/7585/1/1020130048.PDF>
- Baños, D. (30 de Marzo de 2022). *EL PRECIO DE LAS OBLEAS DE SILICIO AUMENTARÁ EN LOS PRÓXIMOS AÑOS HASTA UN 25 %*. Obtenido de <https://www.geektopia.es/es/technology/2022/03/29/noticias/el-precio-de-las-obleas-de-silicio-aumentara-en-los-proximos-anos-hasta-un-25.html>
- Bausá, L. (11 de Febrero de 2016). *EL LÁSER DE ESTADO SÓLIDO SE REDUCE A ESCALA NANOMÉTRICA*. Obtenido de <https://gefes-rsef.org/el-laser-de-estado-solido-se-reduce-a-escala-nanometrica/>
- Belton, P. (18 de Septiembre de 2021). *THE COMPUTER CHIP INDUSTRY HAS A DIRTY CLIMATE SECRET*. Obtenido de The Guardian: <https://www.theguardian.com/environment/2021/sep/18/semiconductor-silicon-chips-carbon-footprint-climate>
- Bloomberg. (2022). *TAIWAN ECONOMY GROWS FASTEST SINCE 2010 AS TSMC GIVES BOOST*. Obtenido de <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-01-27/tsmc-s-40-billion-spreed-tip-the-scales-on-taiwan-s-growth>
- Burkacky, O., de Jong, M., & Dragon, J. (15 de Abril de 2022). *SEMICONDUCTOR COMPANIES CAN TAKE DIFFERENT PATHS TO CAPTURE NEW OPPORTUNITIES AS DEMAND CONTINUES TO OUTSTRIP SUPPLY*. Obtenido de McKinsey & Company: <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/strategies-to-lead-in-the-semiconductor-world>
- Burkacky, O., Lingemann, S., & Pototzky, K. (27 de Mayo de 2021). *COPING WITH THE AUTO-SEMICONDUCTOR SHORTAGE: STRATEGIES FOR SUCCESS*. Obtenido de McKinsey: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/coping-with-the-auto-semiconductor-shortage-strategies-for-success>
- Canal, R. (14 de Junio de 2021). *SEMICONDUCTORES: GRACIAS A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL, GOOGLE ESTÁ REVOLUCIONANDO EL DISEÑO DE CHIPS*. Obtenido de <https://vinoturismorioja.com/semiconductores-gracias-a-la-inteligencia-artificial-google-esta-revolucionando-el-diseno-de-chips/>
- Cerem . (16 de Mayo de 2022). *ESCASEZ GLOBAL DE CHIPS (SEMICONDUCTORES), ¿OPORTUNIDAD O AMENAZA EN EL ÁREA DE*

- SUPPLY CHAIN?* Obtenido de <https://www.cerem.es/blog/escasez-global-de-chips-semiconductores-oportunidad-o-amenaza-en-el-area-de-supply-chain>
- Coll, F. (07 de Agosto de 2021). *El sector energético*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/sector-energetico.html#:~:text=El%20sector%20energ%C3%A9tico%20es%20el,la%20venta%20de%20productos%20energ%C3%A9ticos>.
- Coluccio, E. (15 de Julio de 2021). *Semiconductores*. Obtenido de <https://concepto.de/semiconductores/>.
- Comisión Europea. (13 de Marzo de 2012). *Reportaje - Un método pionero y sin agua para la fabricación de microchips*. Obtenido de <https://cordis.europa.eu/article/id/88196-feature-stories-a-groundbreaking-waterless-approach-to-microchip-making/es>
- de Juana, R. (09 de Abril de 2021). *La escasez mundial de semiconductores ya afecta a Apple*. Obtenido de Noticias: <https://www.muycomputerpro.com/2021/04/09/escasez-semiconductores-apple>
- Diferenciador. (2022). *Conductores, aislantes y semiconductores*. Obtenido de <https://www.diferenciador.com/conductores-aislantes-y-semiconductores/#:~:text=Los%20conductores%20son%20los%20materiales,como%20conductores%20o%20como%20aislantes.&text=Materiales%20que%20permiten%20el%20movimiento%20de%20cargas%20el%C3%A9ctricas>
- EcoMetales. (Enero de 2018). *Boletín Informativo Trimestral*. Obtenido de [https://www.ecometales.cl/ecometales/site/docs/20191122/20191122164337/pdf\\_newsletter\\_enero.pdf](https://www.ecometales.cl/ecometales/site/docs/20191122/20191122164337/pdf_newsletter_enero.pdf)
- EcuRed. (23 de Julio de 2019). *Sensor óptico*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Sensor\\_%C3%B3ptico](https://www.ecured.cu/Sensor_%C3%B3ptico)
- El Boletín. (01 de Octubre de 2021). *Más problemas para la economía mundial: el silicio (que se usa para todo) se ha disparado un 300%*. Obtenido de <https://www.elboletin.com/mas-problemas-para-la-economia-mundial-el-silicio-que-se-usa-para-todo-se-ha-disparado-un-300/>
- El Economista. (09 de Septiembre de 2021). *El gran impacto medioambiental de los chips choca con su papel en la transición hacia una economía cero emisiones*. Obtenido de <https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/11397425/09/21/El-gran-impacto-medioambiental-de-los-chips-choca-con-su-papel-en-la-transicion-hacia-una-economia-cero-emisiones.html>
- El País. (10 de Mayo de 2021). *¿Por qué es tan complicado fabricar más chips?* Obtenido de [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/05/07/companias/1620389812\\_558345.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/05/07/companias/1620389812_558345.html)
- EPA. (22 de Julio de 2008). *73 FR 42529- National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Semiconductor Manufacturing*. Obtenido de <https://www.govinfo.gov/app/details/FR-2008-07-22/E8-16746>
- Erard, G. (14 de Octubre de 2021). Obtenido de TSMC planea construir una nueva fábrica para combatir la escasez de chips, aunque no de la forma que crees: <https://hipertextual.com/2021/10/tsmc-fabrica-japon-escasez-de-chips>
- Estévez, A. (09 de Abril de 2022). *La guerra de Ucrania amenaza los planes europeos con los semiconductores*. Obtenido de BolsaManía: <https://www.bolsamania.com/noticias/mercados/guerra-ucrania-amenaza-plan-union-europea-semiconductores--9552352.html>

- Eustat. (s.f.). *Módem (Modulador Demodulador)*. Obtenido de [https://www.eustat.eus/documentos/opt\\_0/tema\\_372/elem\\_16602/definicion.htm](https://www.eustat.eus/documentos/opt_0/tema_372/elem_16602/definicion.htm)
- Expansión. (2020). *La producción de vehículos cayó en Japón*. Obtenido de <https://datosmacro.expansion.com/negocios/produccion-vehiculos/japon>
- Fabian, J. (06 de Abril de 2022). *Biden Aide Deese Says Semiconductor Shortage Cost 1% of U.S. GDP*. Obtenido de Bloomberg: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-04-06/biden-aide-deese-says-semiconductor-shortage-cost-1-of-u-s-gdp>
- Fernánadez, R. (23 de Marzo de 2021). *La industria mundial de semiconductores - Datos estadísticos*. Obtenido de Statista: <https://es.statista.com/temas/8605/la-industria-mundial-de-semiconductores/#dossierKeyfigures>
- Fernández, S. (06 de mayo de 2022). *La guerra 'tech' de Estados Unidos contra China llegará a Japón: los chips de 2 nanómetros se fabricarán en una isla*. Obtenido de Xataka: <https://www.xatakamovil.com/procesadores/guerra-tech-estados-unidos-china-llegara-a-japon-chips-2-nanometros-se-fabricaran-isla>
- Fuentes, V. (08 de Enero de 2021). *La fabricación de coches, amenazada por la escasez de semiconductores: habrá menos producción y precios más caros*. Obtenido de <https://www.motorpasion.com/industria/fabricacion-coches-amenazada-escasez-semiconductores-habra-produccion-precios-caros>
- Funds Society. (22 de Junio de 2021). *Cambio climático, geopolítica e inflación, las caras menos evidentes de la crisis de los semiconductores*. Obtenido de <https://hardzone.es/2019/09/19/arena-silicio-procesadores-precio/>
- Gallegos, A. (28 de Octubre de 2021). *La escasez mundial de chips, ¿cómo llegamos a este punto?* Obtenido de [https://iteso.mx/web/general/detalle?group\\_id=27800884](https://iteso.mx/web/general/detalle?group_id=27800884)
- García Herrero, A. (2021). *Un mundo con dos realidades económicas*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8154347>
- García, A., & Tan, J. (Julio de 2021). *Competencia estratégica EEUU-China: del comercio a la tecnología*. Obtenido de [https://www.cidob.org/articulos/anuario\\_internacional\\_cidob/2021/competencia\\_estrategica\\_eeuu\\_china\\_del\\_comercio\\_a\\_la\\_tecnologia](https://www.cidob.org/articulos/anuario_internacional_cidob/2021/competencia_estrategica_eeuu_china_del_comercio_a_la_tecnologia)
- García, J. (13 de Diciembre de 2021). *El mayor fabricante de chips del mundo está en "conversaciones preliminares" con Alemania para abrir una fábrica en el país*. Obtenido de Xataka: <https://www.xataka.com/empresas-y-economia/mayor-fabricante-chips-mundo-esta-conversaciones-preliminares-alemania-para-abrir-fabrica-pais>
- Grand View Research. (Abril de 2021). *Active Electronic Components Market Size Report, 2021-2028*. Obtenido de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/active-electronic-components-market>
- Guo, L. (2011). Propiedades estructurales, energéticas y electrónicas de los racimos de arseniuro de aluminio hidrogenado . *Revista de investigación de nanopartículas*, Vol. 13 Número 5 p. 2029-2039.
- Herranz, A. (10 de Diciembre de 2020). *España y Europa plantean crear una industria de semiconductores propia: fondos para la autonomía frente a EEUU y Asia*. Obtenido de Xataka: <https://www.xataka.com/pro/espana-europa-plantean-crear-industria-semiconductores-propia-fondos-para-autonomia-frente-a-eeuu-asia>
- Iberdrola. (2021). *Semiconductores, ¿qué son y por qué su escasez amenaza la economía global?* Obtenido de <https://www.iberdrola.com/innovacion/semiconductores>

- Infineon Technologies AG. (Febrero de 2022). *Company presentation*. Obtenido de <https://www.infineon.com/dgdl/IFX-Company-Presentation-Jan-2015-en.pdf?fileId=5546d4614815da88014855cbf595171a>
- InvestKorea. (2020). *Semiconductor*. Obtenido de <https://www.investkorea.org/ik-en/cntnts/i-312/web.do>
- Jiménez, J. (08 de Noviembre de 2021). *¿Para qué se utilizan los chips en los coches?* Obtenido de Autofácil : <https://www.autofacil.es/industria/crisis-microchips-coches-funciones/288089.html>
- Lee, J. (26 de Abril de 2022). *SK Hynix sees solid demand for server chips offsetting weaker mobile, PC demand*. Obtenido de <https://www.reuters.com/technology/sk-hynix-q1-profit-jumps-116-server-chip-demand-2022-04-26/>
- Long, S. (2021). *Taiwan's Economy and the Big Chip on its Shoulder*. Obtenido de <https://www.rajraf.org/article/taiwans-economy-and-the-big-chip-on-its-shoulder-/1035>
- Lovati, S. (17 de Marzo de 2021). *10 Things to Know About SiC*. Obtenido de <https://www.powerelectronicsnews.com/10-things-to-know-about-sic/>
- Lucchese, D. (Noviembre de 2021). *Semiconductores: ¿carrera hacia la autosuficiencia?* Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/135030>
- López, J. (19 de Septiembre de 2019). *Se está acabando la arena de silicio, ¿qué va a pasar con los procesadores?* Obtenido de <https://hardzone.es/2019/09/19/arena-silicio-procesadores-precio/>
- López, J. C. (09 de septiembre de 2021). *La crisis de los semiconductores no es sólo de los semiconductores; también es de los sustratos: qué son y por qué sin ellos no tendríamos chips*. Obtenido de Xataka: <https://www.xataka.com/componentes/crisis-semiconductores-no-solo-semiconductores-tambien-sustratos-que-que-ellos-no-tendriamos-chips>
- López, J. C. (02 de Febrero de 2022). *TSMC domina la industria de los chips de forma aplastante: el fin de la crisis pasa por sus manos*. Obtenido de Xataka: <https://www.xataka.com/componentes/tsmc-domina-industria-chips-forma-aplastante-que-fin-crisis-esta-parte-sus-manos>
- López, P. (28 de julio de 2020). *¿Qué es Kioxia y qué tipo de productos fabrica?* Obtenido de <https://www.geeknetic.es/Kioxia/que-es-y-para-que-sirve#:~:text=Kioxia%20es%20un%20fabricante%20que,surgiendo%20as%C3%AD%20esta%20nueva%20marca>
- Macro Trends. (2022). *STMicroelectronics Revenue 2010-2022 | STM*. Obtenido de <https://www.macrotrends.net/stocks/charts/STM/stmicroelectronics/revenue>
- McKinsey & Company. (15 de Octubre de 2021). *Value creation: How can the semiconductor industry keep outperforming?* Obtenido de <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/value-creation-how-can-the-semiconductor-industry-keep-outperforming>
- McKinsey & Company. (17 de Mayo de 2022). *Sustainability in semiconductor operations: Toward net-zero production*. Obtenido de <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/sustainability-in-semiconductor-operations-toward-net-zero-production>
- McKinsey. (17 de Mayo de 2022). *Sustainability in semiconductor operations: Toward net-zero production*. Obtenido de <https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/sustainability-in-semiconductor-operations-toward-net-zero-production>

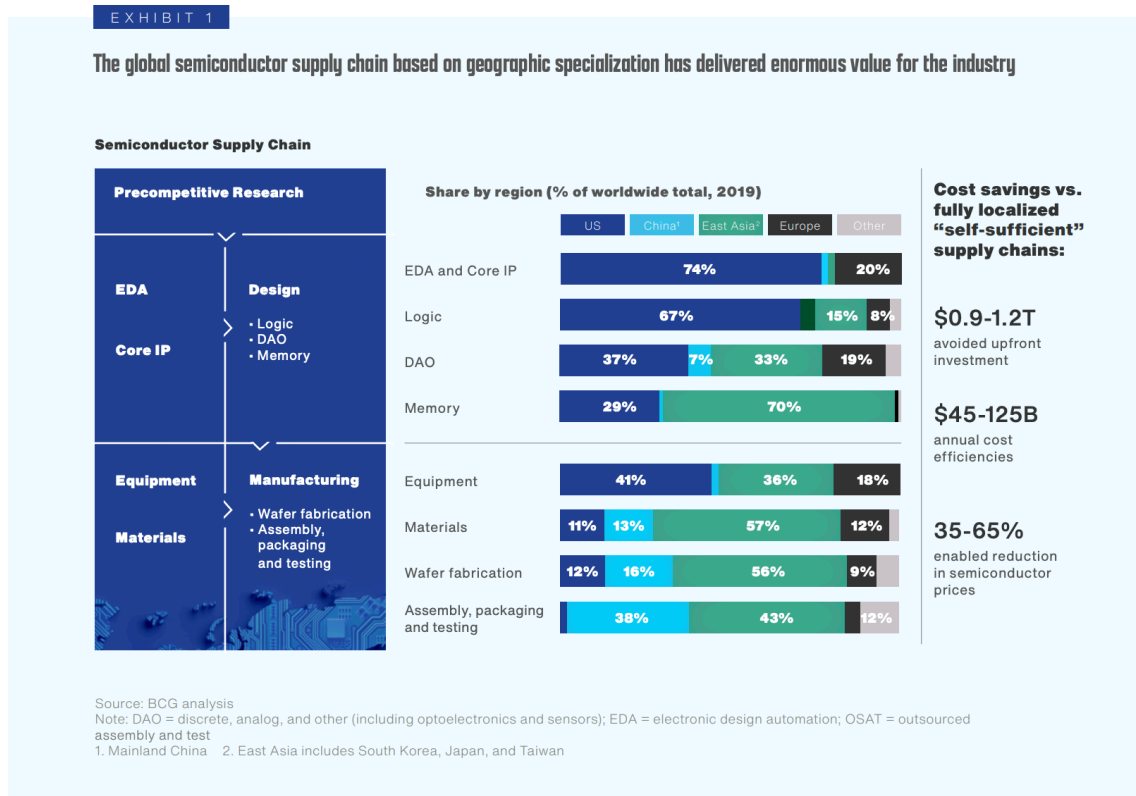
- Mellor, C. (27 de Abril de 2022). *SK hynix celebrates its best first quarter*. Obtenido de <https://blocksandfiles.com/2022/04/27/sk-hynix-best-first-quarter/>
- Mena, M. (10 de Noviembre de 2021). *El mercado de las criptomonedas ya supera los 3 billones de dólares*. Obtenido de Statista: <https://es.statista.com/grafico/26156/capitalizacion-de-mercado-de-las-principales-criptomonedas/>
- Méndez, A. (20 de Octubre de 2021). *Pandemia pega a acciones de firmas de chips* . Obtenido de El Economista: <https://www.eleconomista.com.mx/mercados/Pandemia-pega-a-acciones-de-firmas-de-chips-20211020-0133.html>
- Modor Intelligence. (2020). *MERCADO DE SEMICONDUCTORES EN EL CUIDADO DE LA SALUD: CRECIMIENTO, TENDENCIAS, IMPACTO DE COVID-19 Y PRONÓSTICOS (2022 - 2027)*. Obtenido de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/semi-conductor-applications-in-healthcare-market>
- Mohd, & Aznan, N. (2021). *THE IMPACTS OF COVID-19 PANDEMIC ON THE GLOBAL SEMICONDUCTOR INDUSTRY* . Obtenido de [https://sua.aesa.kz/uploads/uploaded\\_files/journal-archive/2021/article-reviews/4tom/Nor-Aznan-Mohd-Nor.pdf](https://sua.aesa.kz/uploads/uploaded_files/journal-archive/2021/article-reviews/4tom/Nor-Aznan-Mohd-Nor.pdf)
- Moko Technology. (03 de Marzo de 2022). *How Should Electronic Manufacturing Industry Respond to Supply Chain Crisis*. Obtenido de <https://www.mokotechnology.com/how-should-electronic-manufacturing-industry-respond-to-supply-chain-crisis/>
- Morales, R. (09 de Abril de 2021). *EU capta US32 millones en producción de semiconductores*. Obtenido de El Economista: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/EU-capta-US32-millones-en-produccion-de-semiconductores-20210409-0015.html>
- Ney, M. (01 de Mayo de 2014). *Explainer: Electronics and Human Rights*. Obtenido de <https://www.yesmagazine.org/social-justice/2014/05/01/explainer-the-electronics-industry-and-workers-rights>
- Oficina Económica y Comercial de España en Seul . (Julio de 2021). *INFORME ECONÓMICO Y COMERCIAL Corea del Sur*. Obtenido de [https://www.ivace.es/Internacional\\_Informes-Publicaciones/Pa%C3%ADses/Corea/Coreainformecomercialicex\\_2021pdf.pdf](https://www.ivace.es/Internacional_Informes-Publicaciones/Pa%C3%ADses/Corea/Coreainformecomercialicex_2021pdf.pdf)
- Pardo, D. (27 de Abril de 2022). *Escasez de silicio, ¿se viene otra crisis mundial?* Obtenido de <https://pandorafms.com/blog/es/escasez-de-chips-de-silicio/#:~:text=Quiz%C3%A1%20hubo%20alg%C3%BAn%20espabilado%20que,las%20f%C3%A1bricas%20que%20producen%20microchips.>
- Pérez, E. (21 de Abril de 2022). *La crisis de semiconductores se está alargando tanto que ya hay empresas comprando lavadoras para quitarles los chips*. Obtenido de Xataka: <https://www.xataka.com/empresas-y-economia/crisis-semiconductores-se-esta-alargando-que-hay-empresas-comprando-lavadoras-para-quitarles-chips>
- Porto, J. P., & Merino, M. (2014). *Definición de Semiconductor*. Obtenido de <https://definicion.de/semiconductor/>
- Roca, J. A. (21 de Julio de 2021). *Los inversores globales inyectaron medio billón de dólares al sector de energías limpias en 2020*. Obtenido de <https://elperiodicodelaenergia.com/los-inversores-globales-inyectaron-medio-billon-de-dolares-al-sector-de-energias-limpias-en-2020/>

- Sánchez Molina, P. (19 de Mayo de 2020). *España fabrica obleas más baratas que las de Asia, con la misma calidad y una quinta parte de huella de carbono*. Obtenido de <https://www.pv-magazine.es/2020/05/19/espana-fabrica-obleas-mas-baratas-que-las-de-asia-con-la-misma-calidad-y-una-quinta-parte-de-huella-de-carbono/>
- Samsung Newsroom. (30 de Noviembre de 2021). *Samsung Electronics anuncia nuevo sitio de fabricación de semiconductores avanzados en Taylor, Texas*. Obtenido de <https://news.samsung.com/ar/samsung-electronics-anuncia-nuevo-sitio-de-fabricacion-de-semiconductores-avanzados-en-taylor-texas>
- Shen, M., & Blanchard, B. (15 de Febrero de 2022). *TSMC to expand new Japan chip factory, Denso takes stake*. Obtenido de <https://www.reuters.com/technology/japans-denso-invest-tsmc-chip-factory-japan-2022-02-15/>
- Solar and Wind Energy. (08 de Enero de 2010). *¿ Cómo se fabrica el silicio fotovoltaico ?* Obtenido de <https://news.solielima.com/noticias/energia-solar/como-se-fabrica-el-silicio-fotovoltaico#:~:text=El%20silicio%20puro%20se%20extrae,este%20material%20denominado%20silicio%20metal%C3%BAArgico.>
- Statista. (29 de Marzo de 2022). *Ranking de los principales países productores de silicio a nivel mundial en 2020*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/600220/paises-lideres-en-la-produccion-de-silicio-a-nivel-mundial/>
- Tech and Solutions. (18 de Noviembre de 2020). *E-Waste in Developing Countries: Treasure to Trash?* Obtenido de <https://www.borgenmagazine.com/e-waste-developing-countries/#:~:text=The%20United%20States%20and%20other,refuse%20many%20of%20these%20imports.>
- TechnoSun. (25 de Junio de 2021). *Escasez de microchips: una crisis que afecta a la fotovoltaica*. Obtenido de <https://www.technosun.com/es/blog/escasez-microchips-criisi-afectara-industria-fotovoltaica/>
- Trecet, J. (Abril de 13 de 2022). *Cómo invertir en criptomonedas y cuáles son las más rentables en 2022*. Obtenido de Finect: <https://www.finect.com/usuario/Josetrecet/articulos/invertir-criptodivisas>
- United Nations. (s.f.). *Energy*. Obtenido de [https://www.un.org/en/actnow/facts-and-figures#:~:text=The%20energy%20supply%20sector%20\(electricity,35%25%20of%20total%20emissions.](https://www.un.org/en/actnow/facts-and-figures#:~:text=The%20energy%20supply%20sector%20(electricity,35%25%20of%20total%20emissions.)
- Varas, A., Varadarajan, R., Goodrich, J., & Yinug, F. (Abril de 2021). *Strengthening the Global Semiconductor Value Chain in an Uncertain Era*. Obtenido de BCG: [https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021\\_1.pdf](https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf)
- Yasif, M. (21 de Abril de 2022). *La crisis de semiconductores que afecta al gaming es tan grande que compran lavadoras para extraer chips*. Obtenido de <https://www.3djuegos.com/noticias-ver/221551/la-criisis-de-semiconductores-que-afecta-al-gaming-es-tan/>
- Yubero, B. (04 de Mayo de 2021). *La guerra entre las criptomonedas agudiza la escasez de chips a nivel mundial*. Obtenido de [https://www.elplural.com/economia/guerra-criptomonedas-agudiza-escasez-chips-nivel-mundial-bitcoin\\_265626102](https://www.elplural.com/economia/guerra-criptomonedas-agudiza-escasez-chips-nivel-mundial-bitcoin_265626102)

# 11

## Apéndice

### ANEXO I: LA INDUSTRIA DE LOS SEMICONDUCTORES DESCOMPUESTA POR TIPOS Y PAÍSES



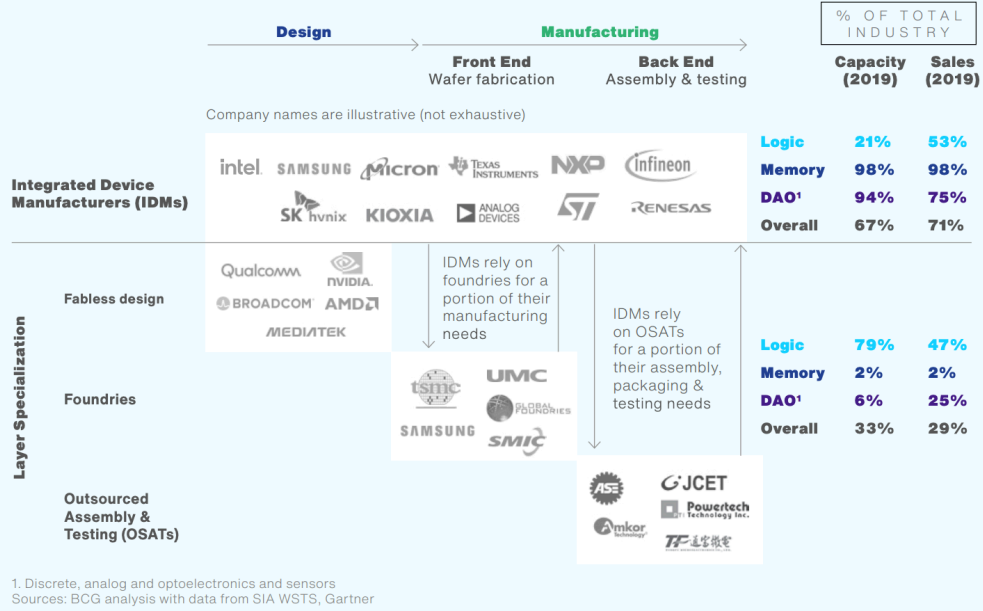
Fuente: BCG, abril de 2021



## ANEXO II: LA CADENA DE SUMINISTRO DE SEMICONDUCTORES DESCOMPUESTA

EXHIBIT 11

Technology complexity and need for scale have led to emergence of business models focused on a specific layer of the value chain



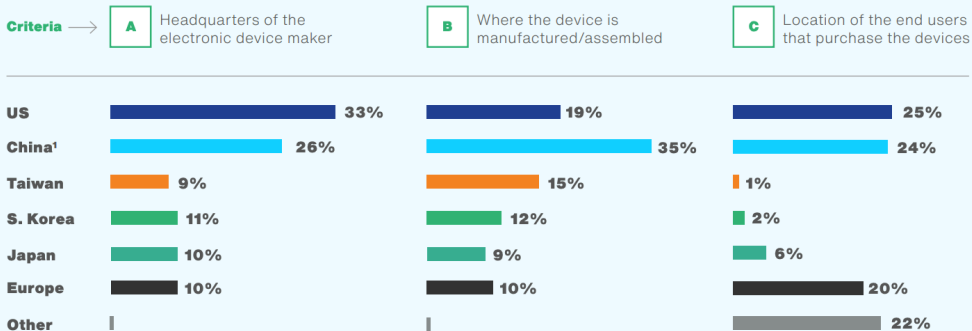
Fuente: BCG, abril de 2021

## ANEXO III: LA DEMANDA GEOGRÁFICA DE SEMICONDUCTORES EN DISTINTAS FASES DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN

EXHIBIT 3

Alternative views of geographic origin of semiconductor demand

Global semiconductor sales by geographic area, 2019 (%)

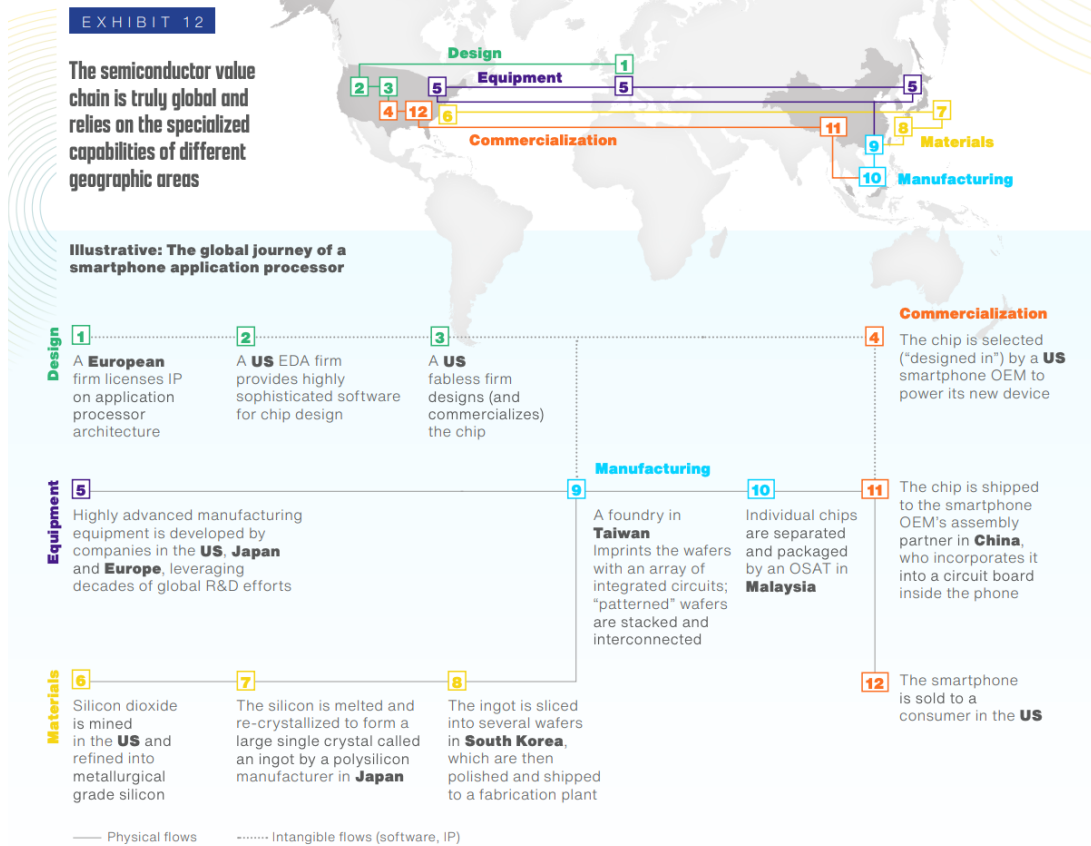


1. Mainland China  
Sources: BCG analysis with data from SIA WSTS, Gartner, IDC

Fuente: BCG, abril de 2021

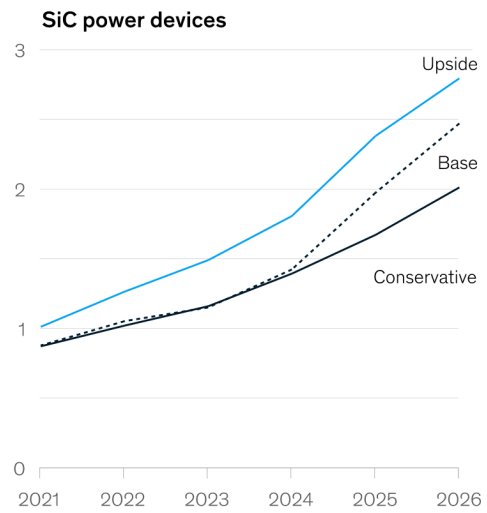
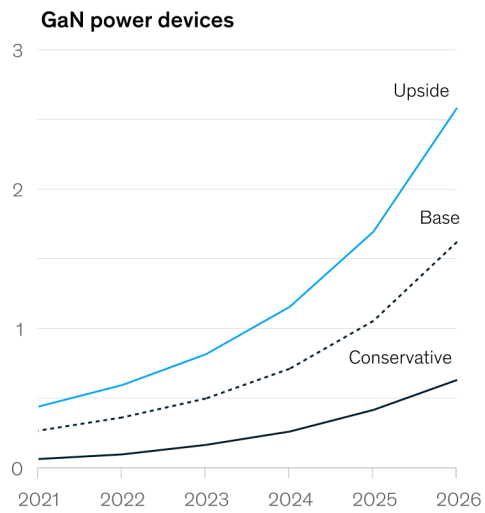
## ANEXO IV: LA INDUSTRIA DE LOS SEMICONDUCTORES SE BASA EN UNA ESTRUCTURA INTEGRADA DE PROCESOS EN DIFERENTES PAÍSES

**T**he semiconductor supply chain is truly global: six major regions (US, South Korea, Japan, mainland China, Taiwan and Europe) each contribute 8% or more to the total value added by the semiconductor industry in 2019. As Exhibit 12 shows, the typical journey of a semiconductor involves most if not all of these geographic areas at different stages during the design and manufacturing process.



Fuente: BCG, abril de 2021

## ANEXO V: EL USO DE NITRURO DE GALIO Y CARBURO DE SILICIO EN LOS PRÓXIMOS AÑOS



*Fuente: McKinsey & Company, 2022*

