



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Organización Industrial**

# **Plan estratégico de la UE para paliar la crisis de los semiconductores**

**Autor:**

**Peralta Calvo, Jaime**

**Tutor(es):**

**Izquierdo Millán, Segismundo  
Samuel**

**Departamento de Organización de  
Empresas y CIM**

**Valladolid, Junio 2022.**



## AGRADECIMIENTOS.

A mi padre, porque solo muere lo que se olvida.



## RESUMEN

A medida que avanza el tiempo, el mundo en el que vivimos está cada vez más digitalizado. Por ello, la demanda de los semiconductores utilizados en todos los dispositivos electrónicos ha crecido, crece y crecerá de manera exponencial. Durante los dos últimos años, desde la irrupción de la pandemia mundial del coronavirus, las cadenas de suministro de semiconductores han sufrido grandes interrupciones que han provocado que aun a día de hoy exista un gran cuello de botella en torno a ellas, debido a que la actual demanda supera con creces a la oferta. Europa, que siempre ha dependido del resto del mundo en materia de semiconductores, debe despertar y llevar a cabo un plan de acción con el fin de hacerse hueco en el ámbito mundial de los chips y estar a la vanguardia de la tecnología.

## PALABRAS CLAVE

Semiconductor, Chip, Cadena de suministro, Interrupción, Plan estratégico, Desabastecimiento.

## SUMMARY

As time goes on, the world we live in is becoming increasingly digitised. As a result, the demand for the semiconductors used in all electronic devices has grown, is growing and will grow exponentially. Over the last two years, since the outbreak of the global coronavirus pandemic, semiconductor supply chains have undergone major disruptions that have meant that even today there is still a major bottleneck around them, as current demand far outstrips supply. Europe, which has always been dependent on the rest of the world for semiconductors, must wake up and implement an action plan to make its mark in the global chip area and be at the forefront of technology.

## KEYWORDS

Semiconductor, Chip, Supply Chain, Disruption, Strategic Plan, Shortage.



## GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

---

- ASML – Advanced Semiconductor Materials Lithography
- IDM – Integrated Device Manufacturer
- SMIC – Semiconductor Manufacturing International Corporation.
- EPI – Equipo de Protección individual.
- OSAT – Outsourced Semiconductor Assembly and Test providers.
- TFG – Trabajo Fin de Grado
- PESTEL – Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales
- DAFO – Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades
- ISO – International Organization for Standardization
- I+D – Investigación y Desarrollo
- R+D – Research and Development
- AMD – Advanced Micro Devices
- TSMC – Taiwan Semiconductor Manufacturing Company
- µm – Micrómetro
- nm – Nanómetro
- UE – Unión Europea
- EE. UU. – Estados Unidos
- AIB – Add-in Board
- ABF – Ajinomoto Build-up Firm
- AKM – Asahi Kasei Microdevices
- ASEA – Association of Southeast Asia Nations
- OMPI – Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
- SIA – Semiconductor Industry Association



## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Enlaces atómicos en un semiconductor intrínseco (Landin, 2022).	26
Figura 2. Teoría de bandas en los diferentes tipos de materiales (Olmo, 2021). .....	28
Figura 3. Configuración de la macro cadena de suministro de semiconductores (Elaboración propia). ....	29
Figura 4. Proceso de producción de semiconductores (Nieto, 2020).....	30
Figura 5. Transformación de la arena en obleas de silicón (International Society for Optics and Photonics, 2022). ....	32
Figura 6. Generación de patrones mediante fotolitografía (International Society for Optics and Photonics, 2022). ....	33
Figura 7. Grabado y dopaje de transistores (International Society for Optics and Photonics, 2022).....	34
Figura 8. Empaquetamiento final (International Society for Optics and Photonics, 2022).....	35
Figura 9. Avance temporal de las diferentes metodologías productivas (Fernández Herrera, 2014).....	38
Figura 10. Esquema estructural de las etapas productivas en función de la metodología utilizada (Saha, 2016).....	39
Figura 11. IDMs vs Foundries vs Fabless (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, 2021).....	39
Figura 12. Principales protagonistas en la escena global (Poems- Market Journal, 2022). ....	42
Figura 13. Horizonte temporal de las medidas a tomar (Comisión Europea, 2022).....	87



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Valor de las importaciones y exportaciones de circuitos integrados (ICs) en 2019 (Poitiers & Weil, 2021).....	40
Gráfica 2. Cuota de mercado de los principales protagonistas según su origen geográfico durante 2019 (Poitiers & Weil, 2021).....	40
Gráfica 3. Localización de las compañías dedicadas al sector de los microchips en función de su actividad (Mcloughlin, 2021).....	41
Gráfica 4. Cuota total de mercado en los diferentes países protagonistas (Cerulus, 2022).....	41
Gráfica 5. Venta de IC de las principales Fabless según localización geográfica, 2018 (IC Insights, 2021).....	43
Gráfica 6. Cuota de ingresos de las principales Fabless mundiales, 2020 (Global X Team, 2022). ....	44
Gráfica 7. Coste asociado a la Investigación y Desarrollo de las 10 principales Fabless del mundo, 2011-2020 (Kleinhans J. , 2021). ....	44
Gráfica 8. Capitalización de mercado de las diferentes IDMs durante el año 2020 (Statista, 2021). ....	46
Gráfica 9. Cuota de ingresos totales de las principales Foundries según firma y localización geográfica, Q4 2020 (Poitiers & Weil, 2021). ....	47
Gráfica 10. Capacidad total de producción de obleas por región (Kleinhans J. , 2021).....	48
Gráfica 11. Capacidad total de producción de obleas según grado de tecnología utilizada y en función de la región geográfica, Dic 2020 (Kleinhans J. , 2021). ....	48
Gráfica 12. Coste de las diferentes etapas que conforman el diseño de un semiconductor en función de su superficie (Tomelloso, 2021).....	49
Gráfica 13. Activos a largo plazo de TSMC por ubicación, 2010-2020 (The Economist, 2022).....	53
Gráfica 14. Ingresos anuales de SMIC (The Economist, 2022).....	54
Gráfica 15. Importaciones vs Exportaciones de China, 2019 (Seeking Alpha, 2021).....	55
Gráfica 15. Gasto anual en equipos en función de la localización geográfica (Kleinhans J.-P. , 2021).....	59

Gráfica 16. Evolución temporal de los precios de los AIB (Solé, 2021).....	63
Gráfica 17. Cuota de mercado global en la producción de automóviles (European Automobile Manufacturers Association, 2022). .....	81
Gráfica 18. Comparación de escenarios propuestos (Elaboración propia)...	100

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. 10 principales IDMs en función de las ventas realizadas, 2014-2015 (IC Insights, 2021). .....	45
Tabla 2. Costes directos de personal asociados a la realización del TFG (Elaboración propia). .....	103
Tabla 3. Coste por hora del material utilizado en la realización de este TFG	104
Tabla 5. Costes indirectos asociados a la realización del TFG (Elaboración propia). .....	105
Tabla 6. Costes totales asociados a la realización del TFG (Elaboración propia). .....	105



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....	19
<b>1.1. Objetivo</b> .....	19
<b>1.2. Metodología</b> .....	20
<b>1.3. Contexto</b> .....	22
<b>1.4. Motivación</b> .....	23
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS INTERNO DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO DE SEMICONDUCTORES .....	25
<b>2.1. Análisis del producto</b> .....	25
2.1.1. ¿Qué son los semiconductores? .....	25
2.1.2. Semiconductores Intrínsecos .....	25
2.1.3. Semiconductores extrínsecos .....	26
2.1.3.1. Semiconductores extrínsecos tipo P.....	27
2.1.3.2. Semiconductores extrínsecos tipo N .....	27
2.1.4. Teoría de bandas.....	27
<b>2.2. Análisis de procesos</b> .....	29
2.2.1. Macro cadena de suministro de semiconductores .....	29
2.2.2. Proceso de fabricación de semiconductores .....	30
<b>2.3. Análisis de modelos de negocio en los fabricantes de semiconductores</b> .....	37
2.3.1. Entorno de las <i>Fabless</i> .....	43
2.3.2. Entorno de las <i>Integrated Device Manufacturers, IDMs</i> .....	45
2.3.3. Entorno de las <i>foundries</i> .....	47
<b>2.4. Análisis de estrategias internas</b> .....	49
2.4.1. Ley de <i>Moore</i> .....	49
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS EXTERNO DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO DE SEMICONDUCTORES – ANÁLISIS PESTEL.....	51
<b>3.1. Factores políticos</b> .....	51
3.1.1. Importancia mundial de Taiwán.....	51
3.1.2. Papel de China y EE. UU. en la escena actual y su rivalidad.....	54
3.1.3. Situación de Europa en la escena actual .....	57

<b>3.2. Factores económicos</b> .....	58
3.2.1. Estrategia de diversificación de las etapas productivas .....	60
<b>3.3. Factores sociales</b> .....	61
3.3.1. Efecto de la irrupción del Coronavirus.....	62
<b>3.4. Factores tecnológicos</b> .....	66
3.4.1. Papel europeo en la escena actual. Litografía y ASML .....	67
3.4.2. Problema asociado a la creación de nuevas factorías.....	69
<b>3.5. Factores ecológico-naturales</b> .....	71
3.5.1. Recopilación de sucesos naturales que han tenido lugar en los últimos tiempos.....	72
<b>3.6. Factores legales</b> .....	74
3.6.1. Patentes.....	74
3.6.2. <i>Semiconductor Industry Association (SIA)</i> .....	75
<b>CAPÍTULO 4: MATRIZ DAFO DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO DE SEMICONDUCTORES</b> .....	77
<b>4.1. Introducción</b> .....	77
<b>4. 2. Matriz.</b> .....	78
4.2.1. Debilidades.....	79
4.2.2. Amenazas .....	80
4.2.3. Fortalezas .....	81
4.2.4. Oportunidades.....	82
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE POSIBLES ESCENARIOS Y ACCIONES EN TORNO A LAS CADENAS DE SUMINISTRO DE SEMICONDUCTORES EUROPEAS</b> .....	85
<b>5. 1. Introducción</b> .....	85
<b>5. 2. Escenario 1 : Aplicación del ‘EU Chips Act’</b> .....	86
5.2.1. ¿De qué se trata?.....	86
5.2.2. ¿Qué medidas propone y qué objetivos tiene? .....	86
5.2.3. Ventajas .....	88
5.2.4. Desventajas .....	88
5.2.5. Conclusión .....	89
<b>5. 3. Escenario 2 : Atracción de las principales industrias de producción de semiconductores para instaurar alguna de sus factorías en suelo europeo</b> .....	90
5.3.1. Introducción.....	90

5.3.2. Bases estratégicas.....	90
5.3.3. Medidas para atraer a empresas extranjeras.....	91
5.3.4. Ventajas .....	93
5.3.4. Desventajas .....	93
5.3.5. Conclusión .....	94
<b>5. 4. Escenario 3 : Dependencia total europea de otros países. Importación de la mayor parte de semiconductores.....</b>	<b>95</b>
5.4.1. Explicación del escenario .....	95
5.4.2. Ventajas .....	95
5.4.3. Desventajas .....	96
5.4.4. Conclusión .....	97
<b>5. 5. Comparativa de escenarios propuestos.....</b>	<b>98</b>
5.5.1. Introducción.....	98
5.5.2. Características objeto de estudio .....	99
5.5.3. Estudio comparativo .....	100
5.5.4. Interpretación de resultados .....	100
<b>CAPÍTULO 6: ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>103</b>
<b>6.1. Costes directos asociados a la realización del TFG.....</b>	<b>103</b>
<b>6.2. Costes indirectos asociados a la realización del TFG.....</b>	<b>105</b>
<b>6.3. Costes totales asociados a la realización del TFG.....</b>	<b>105</b>
<b>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES .....</b>	<b>107</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>109</b>



# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

## 1.1. Objetivo

---

El objetivo de un plan estratégico es establecer una serie de metas a alcanzar de cara al futuro con el fin de asegurar el crecimiento y éxito de una organización.

Toda organización que pretenda alcanzar sus objetivos debe apoyarse en un plan estratégico previamente desarrollado, definido e implantado. De manera que, todas las acciones tomadas con el fin de alcanzar el éxito de la organización, estarán predefinidas en el mismo.

La realización de un plan estratégico es importante por una serie de factores clave:

- Determina la dirección y el enfoque de una organización.
- Garantiza la alineación de la organización, enfocando a todos los protagonistas implicados a trabajar en la misma dirección.
- Analiza el entorno tanto interno como externo de la organización, permitiendo identificar puntos débiles a corregir y puntos fuertes a potenciar.
- Permite definir estrategias de acción a corto, medio y largo plazo, en vistas a alcanzar los objetivos deseados.
- Impulsa la productividad y genera un entorno de trabajo saludable.

En nuestro caso concreto el objeto de estudio a lo largo de todo este trabajo de investigación es el entorno de las cadenas de suministro de semiconductores. Con el entorno se pretende hacer referencia a todo lo que rodea a nuestro campo de estudio, tanto factores internos del mismo, como otros factores externos por los que se ve afectado.

En este caso, la organización en la que nos centramos es la Unión Europea en su conjunto, teniendo en cuentas las instituciones, tanto privadas como públicas, que forman parte de este organismo.

## 1.2. Metodología

---

Todo plan estratégico debe seguir una metodología previamente definida y estandarizada con el fin de trabajar bajo una serie de reglas que permitan alcanzar los objetivos deseados.

Para la elaboración del mismo, nos hemos focalizado en diversos estudios de elaboración de planes estratégicos obtenidos de las diferentes bases de datos proporcionadas por la Uva, haciendo especial hincapié en la metodología propuesta por José María Sainz de Vicuña Ancín en su libro ‘El plan estratégico en la práctica’ (Vicuña, 2017).

Inicialmente, hemos realizado un análisis interno de la organización con el objetivo de: definir nuestros campos de estudio, analizar la situación actual de la organización, ver qué factores nos afectan internamente y comprender la organización en su conjunto para poder llevar a la misma a alcanzar sus objetivos. Este análisis interno se ha compuesto de varias partes:

-Análisis de producto y de proceso: se ha identificado y definido la materia sobre la cual gira todo el planteamiento estratégico. En esta parte, a modo introductorio, hemos definido qué son los semiconductores, qué tipos de semiconductores existen y cómo es el proceso de producción de los mismos, parte muy importante de definir, puesto que permite ver algunos de los procedimientos y materias primas implicadas en el proceso productivo. En esta parte también se han definido cómo son, cómo actúan y de qué factores dependen actualmente las cadenas de suministro de semiconductores. Es decir, se ha realizado un análisis completo de producto y de proceso.

-Análisis de los modelos de negocio existentes: se han definido cuáles son los modelos de negocio existentes en el mercado y el alcance de los mismos. Del mismo modo, se han estudiado datos analíticos que han permitido observar la situación actual del mercado europeo de semiconductores dentro de los modelos de negocio existentes a nivel global.

-Análisis de estrategias internas: se han definido las diferentes estrategias internas de nuestra organización y cómo afectan al rendimiento y desempeño de la misma.

A continuación, se ha realizado un análisis externo de la organización, estudiando los diferentes *stakeholders* de la misma. El objetivo de esta parte ha sido comprender de qué manera afectan los factores externos al rendimiento de nuestra organización, conocer a nuestros competidores, y dar una visión global de posicionamiento de las cadenas de suministro europeas en la escena global.

Para ello, hemos optado por realizar un análisis PESTEL. En él hemos estudiado de qué manera afectan los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales a nuestra organización. Dentro del estudio de cada uno de estos factores, se ha pretendido dar una visión lo más realista posible de la situación europea y del posicionamiento de nuestra organización en el entorno de los ya citados factores, tratando de identificar de qué manera afectan actualmente y cómo pueden afectar en el futuro al devenir de nuestra organización.

A modo de síntesis del análisis interno y externo de la organización realizado hasta el momento, hemos construido una matriz DAFO. En ella hemos estudiado las debilidades de nuestra organización y cómo paliarlas, y las fortalezas de nuestra organización y cómo potenciarlas, todo ello apoyándonos en el análisis interno previamente realizado. Del mismo modo, hemos identificado posibles amenazas que tiene nuestra organización y cómo prevenirnos de ellas, y posibles oportunidades que tiene nuestra organización y cómo aprovecharlas, todo ello apoyándonos en el análisis externo previamente realizado.

Para concluir este trabajo de investigación hemos realizado un análisis de diferentes escenarios hacia donde nuestra organización puede orientarse. En esta parte, la cual considero la más importante de todo el trabajo, hemos identificado una serie de características objeto de estudio. Posteriormente hemos analizado en qué medida serían cumplidas para los escenarios previamente propuestos.

En esta última parte del trabajo, se ha pretendido, de forma algo más subjetiva, dar un punto de vista y analizar posibles acciones que puede llevar a cabo nuestra organización, y estudiar de qué manera afectan cada una de estas acciones en la consecución de los objetivos marcados.

### 1.3. Contexto

---

Hemos de puntualizar que el alcance de este estudio abarca los hechos sociopolíticos sucedidos hasta la finalización del año 2021. Esto quiere decir que queda fuera del alcance de este trabajo de investigación cualquier hecho posterior que haya podido influenciar de alguna manera el desarrollo del plan estratégico, y que por tanto no hemos analizado en la realización del mismo.

## 1.4. Motivación

---

Las razones que me han llevado a escoger este tema como TFG para finalizar mis estudios en el Grado de Ingeniería en Organización Industrial son múltiples.

Primeramente, decidí lanzarme a realizar este plan estratégico debido a que realmente veía, en torno a la disrupción en las cadenas de suministro de semiconductores, un tema de gran importancia e impacto mundial. Considero que, desde Europa, se ha tomado este tema a la ligera desde el principio de la digitalización total del mundo en el que vivimos, allá por inicios del siglo XX. Por tanto, me sentía en la necesidad de realizar un análisis profundo de las cadenas de suministro europeas de semiconductores para que, mediante su disección, seamos capaces de analizar: los posibles escenarios que pueden llevarse a cabo, su ámbito de aplicación y su alcance.

Por último, también me sentí atraído por este tópico ya que, dentro del mundo de la Organización Industrial, el entorno de las cadenas de suministro es el ámbito que más me llama la atención, y al que me dedico profesionalmente.



# CAPÍTULO 2: ANÁLISIS INTERNO DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO DE SEMICONDUCTORES

## 2.1. Análisis del producto

---

### 2.1.1. ¿Qué son los semiconductores?

Un semiconductor es todo material que, en función de unos parámetros tales como temperatura, presión, radiación o exposición a campos magnéticos, puede llegar a actuar como:

- Material conductor: permitiendo el paso de corriente.
- Material aislante: impidiendo el paso de corriente.

El hecho de que, en función de los parámetros ya mencionados, estos materiales se comporten de una manera o de otra los hace muy útiles en diversos sectores – destacando el sector tecnológico - ya que su horizonte de aplicación, y los resultados obtenidos del mismo, es inmenso y muy variable.

### 2.1.2. Semiconductores Intrínsecos

Se trata de aquellos materiales que están formados por un solo tipo de átomo. Los semiconductores intrínsecos más comunes son el germanio (Ge) y el silicio (Si), siendo este último más mayoritario en la naturaleza y por tanto teniendo más presencia en los dispositivos electrónicos, también debido a su gran resistencia térmica a altas temperaturas.

Por norma general, los semiconductores poseen 4 electrones en su órbita externa, la cual está compartida con los átomos adyacentes, formando de esta manera 4 enlaces covalentes (enlaces entre átomos no metálicos). De esta forma, cada átomo tiene 8 electrones en su capa más externa.

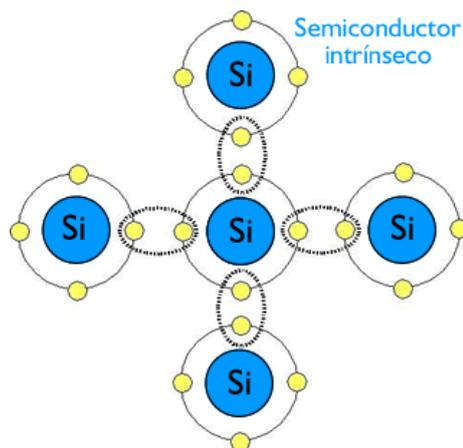


Figura 1. Enlaces atómicos en un semiconductor intrínseco (Landin, 2022).

De esta manera, se forma una red muy fuerte entre átomos mediante estos enlaces covalentes. En circunstancias normales, los átomos no se desplazan de la banda de valencia en la que se encuentran, y por tanto estos, y por ende los materiales que conforman, se comportan como aislantes.

Sin embargo, cuando, por ejemplo, se aumenta la temperatura debido a la aplicación de un campo eléctrico o magnético, los electrones comienzan a ganar energía terminando por pasar de la banda de valencia a la banda de conducción. De esta manera los átomos, y por ende los materiales que conforman, se comportan como conductores.

Por tanto, para los semiconductores intrínsecos podemos afirmar que su resistividad (resistencia al paso de la corriente) varía indirectamente con la temperatura.

### 2.1.3. Semiconductores extrínsecos

Se trata de aquellos semiconductores intrínsecos a los que se les han añadido una serie de elementos trivalentes (cuentan con 3 electrones de valencia) o pentavalentes (cuentan con 5 electrones de valencia) conocidos como impurezas. Una vez realizada esta adición, se considera que el semiconductor ha sido dopado.

Estas impurezas deberán formar parte de la estructura cristalina sustituyendo a los correspondientes átomos intrínsecos.

### 2.1.3.1. Semiconductores extrínsecos tipo P

En este tipo de semiconductor extrínseco se utilizan como dopantes elementos trivalentes, siendo los más habituales el Boro (B) , el Indio (I) y el Galio (Ga).

Al solo aportar 3 electrones de valencia para formar enlaces covalentes, no se forma el mismo tipo de red de enlace que en los semiconductores intrínsecos. En este caso, la red presenta una serie de huecos que facilitan el movimiento de electrones y por ende la conducción.

Se les conoce como semiconductores tipo P debido a la carga positiva del hueco libre.

### 2.1.3.2. Semiconductores extrínsecos tipo N

En este tipo de semiconductor extrínsecos se utilizan como dopantes elementos pentavalentes, siendo los más habituales el Fósforo (P), el Arsénico (As) y el Antimonio (Sb).

Al aportar 5 electrones de valencia para formar enlaces covalentes, lo que ocurre es que alguno de ellos queda libre y se empieza a mover libremente por la red, aumentando la conductividad.

### 2.1.4. Teoría de bandas

Según esta teoría se describe la estructura electrónica de un material como una estructura de bandas de energía.

Al unirse un gran número de átomos, como ocurre en las estructuras sólidas, el número de orbitales de valencia es muy grande, siendo la diferencia de energía entre cada uno de estos orbitales tan pequeña que se puede llegar a considerar como si los niveles de energía formaran bandas continuas (materiales conductores), en vez de niveles de energía *per se* (materiales aislantes).

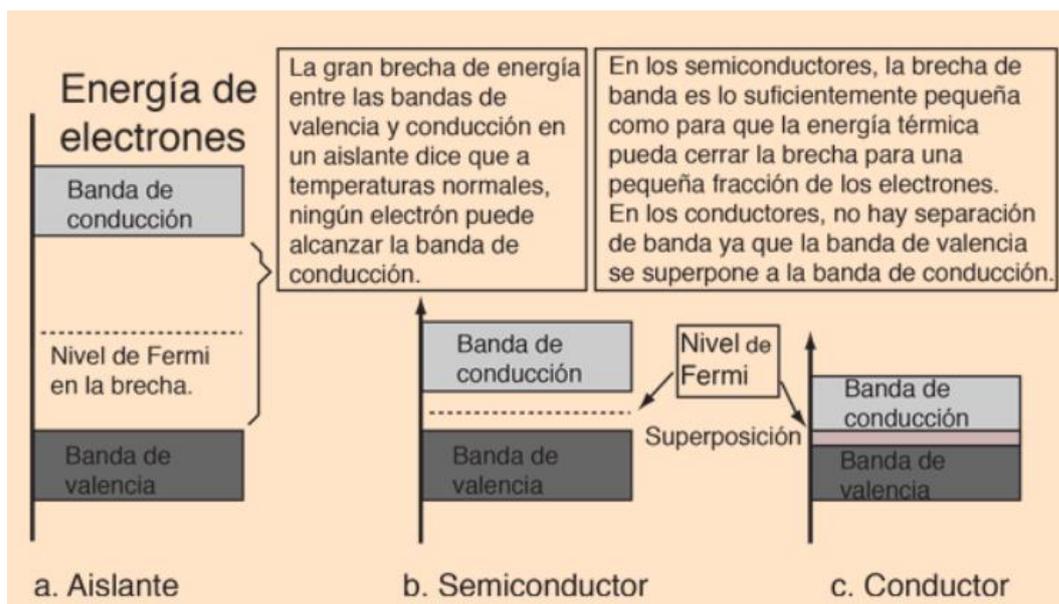


Figura 2. Teoría de bandas en los diferentes tipos de materiales (Olmo, 2021).

## 2.2. Análisis de procesos

---

### 2.2.1. Macro cadena de suministro de semiconductores

Partiendo del fabricante de semiconductores, que también tiene sus proveedores de materias primas y subcontratistas para diversos procesos como explicaremos más adelante, la cadena de suministro de los semiconductores está representada en la siguiente imagen:

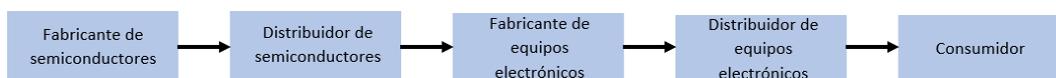


Figura 3. Configuración de la macro cadena de suministro de semiconductores (Elaboración propia).

Los fabricantes de semiconductores suministran sus productos, o bien directamente a los clientes con mayor volumen de negocio, donde se engloban todos los grandes fabricantes del sector tecnológico, o bien mediante un canal de distribuidores que abastece a nivel global al resto de clientes más minoritarios.

A su vez, estos fabricantes de equipos electrónicos suministran sus productos finales a sus distribuidores, a sus clientes directos o bien a minoristas que finalmente abastecen al común de los consumidores.

La parte de la que los distribuidores obtienen beneficio es la generación de valor añadido en las etapas intermedias de distribución, tanto para el cliente, como para el fabricante.

Para el cliente este valor añadido va en términos de logística a medida, gestión de la importación o reducción de inventario.

Mientras que para el fabricante va en forma de extensión de la red de alcance, conocimiento del cliente y del mercado, y facturación más sencilla y personalizada.

### 2.2.2. Proceso de fabricación de semiconductores

A lo largo de este apartado vamos a describir de la manera más concisa posible y tratando de evitar tecnicismos el proceso de fabricación de un semiconductor, de comienzo a fin, que es el mostrado en el siguiente esquema:



Figura 4. Proceso de producción de semiconductores (Nieto, 2020).

- ❖ Obtención de polisilicio: se obtiene en un horno a partir de la mezcla de triclorosilano ( $\text{SiHCl}_3$ ) con gas  $\text{H}_2$ , depositándose sobre espigas metálicas.

Los tubos obtenidos se someten a un proceso de refinado siendo disueltos en ácido fluorhídrico (HF) y obteniendo así lingotes de polisilicio.

- ❖ Obtención de lingotes de silicio monocristalino: este tipo de lingotes se obtienen a través del método de *Czochralski*.

El silicio policristalino es dopado con impurezas de arsénico, fósforo o antimonio, y posteriormente fundido a 1400° C en una atmósfera de argón (gas inerte de alta pureza).

- ❖ Corte de obleas: antes de cortar los lingotes en obleas, se hacen unas marcas con el fin de dejar claro cuál es la orientación cristalina existente.

Las obleas son cortadas mediante una sierra circular cuyo borde de corte es el interno, para asegurar, de esta manera, una mayor precisión y finura.

- ❖ Esmerilado: se realiza mediante un abrasivo con el fin de eliminar los defectos superficiales dejados por la sierra y a su vez alisar las obleas.

- ❖ Pulido: después del pulido la oblea se somete a un lavado para eliminar las impurezas.

- ❖ Crecimiento epitaxial: se realiza con el fin de hacer crecer una capa de silicio que cuente con una concentración, generalmente menor, de dopantes en el núcleo del sustrato utilizado.

- ❖ Oxidación.

- ❖ Recubrimiento con fotoresina: existen fotoresinas tanto negativas como positivas, teniendo estas últimas mejor adaptación a las exigencias tecnológicas, ya que son capaces de alcanzar menores dimensiones (0,15  $\mu\text{m}$  -1  $\mu\text{m}$ ) en el seno de la oblea.

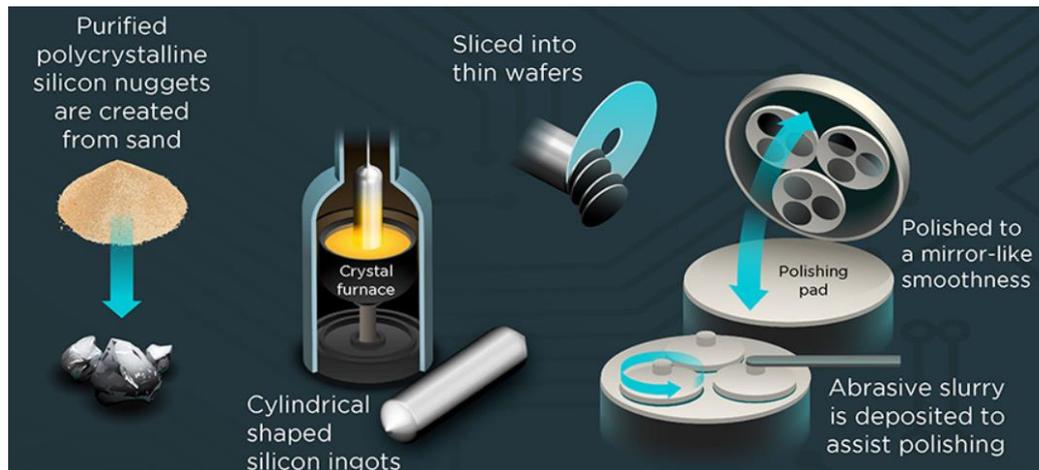


Figura 5. Transformación de la arena en obleas de silicón (International Society for Optics and Photonics, 2022).

- ❖ Generación de patrones: en cuanto a los patrones, cabe decir que, se trata de datos y especificaciones que son generados mediante el software CAD, y son transferidos al retículo de la oblea a través de:
  - Generación de patrones por láser.
  - Generación de patrones por haz de electrones.
- ❖ Exposición por etapas → Litografía: se trata de la aplicación y exposición de la fotoresina para generar una capa sobre la oblea.

La máquina utilizada para el proceso de litografía se llama escalonador litográfico (*stepper*).

Europa juega un papel muy importante en esta etapa de fabricación ya que, la empresa holandesa ASML es prácticamente *single sourcing* (productor único) de este tipo de máquinas a nivel global. A lo largo de este trabajo de investigación profundizaremos más en este tema.

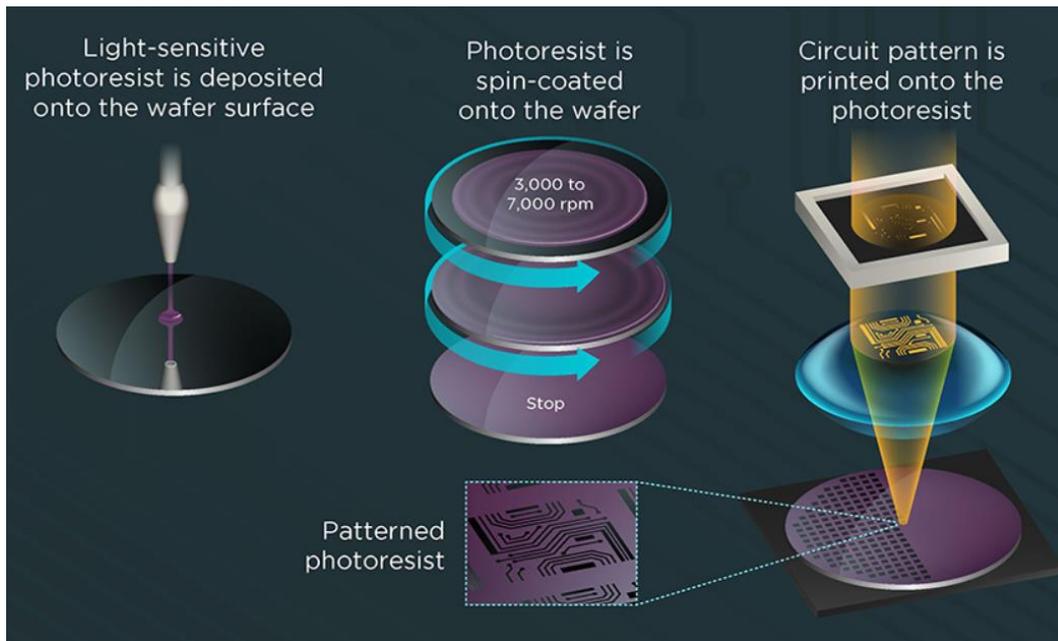


Figura 6. Generación de patrones mediante fotolitografía (International Society for Optics and Photonics, 2022).

- ❖ **Revelado y revenido:** tras la exposición litográfica, la oblea se revela mediante la aplicación de una solución ácida con el fin de eliminar las zonas de la fotoresina sobre-expuestas.

Una vez revelada, la oblea es sometida a un suave revenido (a baja temperatura) con objeto de endurecer la resina remanente.

- ❖ **Ataque químico:** se realiza con el fin de eliminar una serie de materiales específicos que remanecen en la oblea. Se lleva a cabo en unas cubas especiales debido a la elevada peligrosidad del proceso.
- ❖ **Centrifugado, Aclarado y Secado:** para asegurar la limpieza constante en la superficie de la oblea se utilizan sistemas SRD ( centrifugador, enjuagador y secador) que funcionan mediante agua RO/DI (se trata de agua desionizada que a su vez ha sido sometida a ósmosis inversa)

De la misma manera, en las etapas en las que sea posible, se recomienda la utilización de robots manipuladores con el fin de evitar manipulación humana que pueda llegar a crear suciedad en la superficie de la oblea.

- ❖ **Implante iónico:** mediante un tubo acelerador de alta corriente e imanes de dirección, se bombardea la superficie de la oblea con una serie de iones dopantes específicos, con el fin de modificar la conductividad eléctrica en la región específica de la superficie de la oblea.

Para crear una región tipo p, se implanta un ion aceptor del tipo boro (B), galio (Ga) o Iridio (Ir) → semiconductores tipo p.

Para crear una región tipo n, se implantan iones donadores de antimonio (Sb), arsénico (As) o fósforo (P) → semiconductores tipo n

- ❖ **Deposición química por vapor (CVD):** a través de una serie de reacciones químicas controladas se crean capas en la oblea usando, normalmente, nitrógeno o hidrógeno como gases portadores.
- ❖ **Metalización:** proceso también conocido como deposición del metal. Este proceso tiene el fin de crear las capas de conducción, y para ello, se pueden usar dos métodos diferentes: evaporación o chisporroteo.
- ❖ **Ataque del metal:** tiene el objetivo de eliminar determinadas partes de la capa de aluminio para establecer las rutas de conexionado del dispositivo en cuestión.
- ❖ **Incineración:** se elimina, de manera selectiva, la fotoresina residual haciendo uso de un plasma de alta temperatura que permite no dañar las capas del dispositivo.

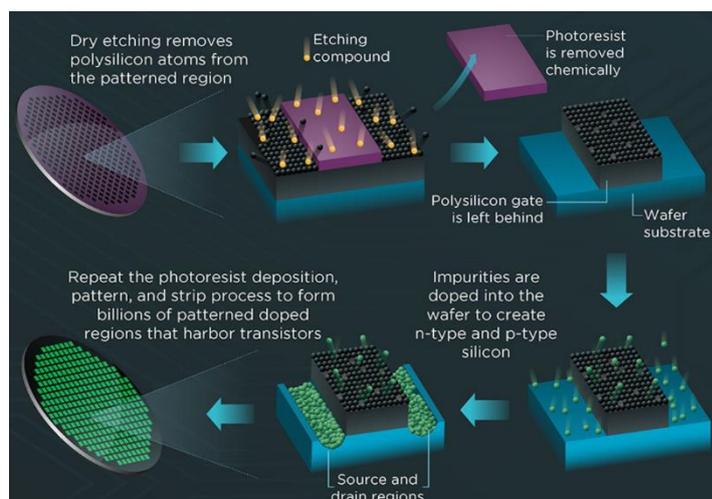


Figura 7. Grabado y dopaje de transistores (International Society for Optics and Photonics, 2022).

- ❖ **Testeo y corte en dados:** inmediatamente después de aplicar la capa final de pasivado, la oblea al completo pasa por un proceso de preparación que permite una mejor disipación del calor y a su vez elimina las tensiones superficiales que pueden terminar causando la rotura de las capas.

Las obleas terminadas pueden contener cientos de dispositivos del mismo tipo, contenidos en pequeños dados. Cada uno de estos diminutos dados es testado mediante unas sondas (tipo agujas) que hacen contacto en los puntos de conexión del circuito (*pads*) con el fin de verificar su funcionamiento.

Una vez terminado el proceso individual de testeo de los dados se procede a su corte.

- ❖ **Conexionado:** los dados (circuitos), una vez cortados, son montados en el cuerpo que contiene los terminales (pines).
- ❖ **Encapsulado:** una vez terminado el proceso de conexionado, se sella el dispositivo quedando este encapsulado en el interior de un envoltorio cerámico o de plástico.

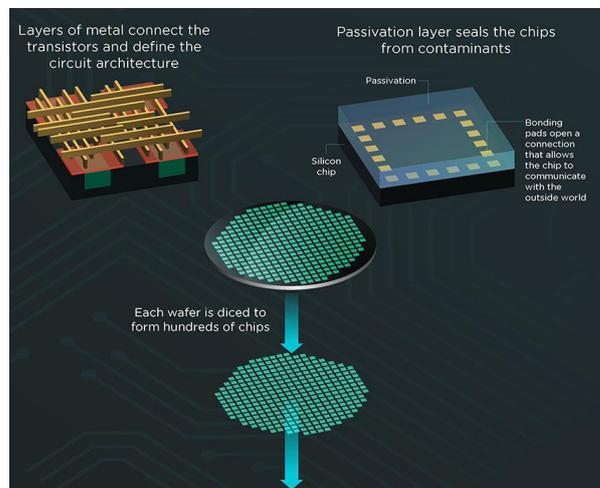


Figura 8. Empaquetamiento final (International Society for Optics and Photonics, 2022).

Analizando este proceso de producción podemos observar que, aparte de ser muy tedioso, debido al gran número de factores, materias y procesos que lo conforman, también es muy costoso, puesto que las tecnologías usadas son de última generación.

Además, y encuadrado dentro del marco geopolítico actual, los distintos procesos están localizados en diferentes enclaves geográficos. Por ello, el proceso en conjunto se ve claramente ralentizado, como explicaremos más adelante.

Por otra parte, los espacios en los que se llevan a cabo estas fabricaciones deben ser espacios muy limpios y sin influencia de fluctuaciones externas. Estos espacios son conocidos como ‘salas blancas’.

Este tipo de espacios son áreas especialmente diseñadas y creadas para llevar a cabo una actividad específica. Las actividades llevadas a cabo cuentan con una supervisión y un mantenimiento preciso del entorno interior.

El objetivo de este tipo de espacios es evitar fluctuaciones externas, tales como: contaminación, polvo, vapores, microbios, y otro tipo de restos biológicos.

Por tanto, cuanto menor sea el flujo de tránsito a lo largo de estos espacios, más fácil será de mantener su condición de ‘salas limpias’. En caso de ser imprescindible el flujo puntual de personas, estas deben ingresar en la sala haciendo uso de los equipos de protección individual (EPIs) que vienen reglamentados en la regla ISO específica.

Además, también debemos controlar otra serie de factores como: temperatura, humedad, flujo de aire, filtración o presión.

## 2.3. Análisis de modelos de negocio en los fabricantes de semiconductores

---

En los primeros compases históricos de las empresas suministradoras de semiconductores, todas ellas debían tener su propia planta de fabricación de obleas de silicón (*wafer fabs*). Era inconcebible que no fuese así, de ahí la frase “*Los hombres de verdad deben tener fábricas*” que dijo Jerry Sanders, el que fue fundador de *Advanced Micro Devices* (AMD).

Las primeras inversiones en infraestructuras fueron realizadas por compañías de semiconductores de EE. UU., Europa y Japón.

Fue su integración vertical lo que les permitió invertir en la infraestructura necesaria para diseñar chips, cubrir todas las etapas de fabricación, y llevar a cabo el posterior encapsulado. En definitiva, en ellas se realizaba el proceso completo de principio a fin. Este tipo de empresas pasaron a ser conocidas como IDMs (*Integrated Device Manufacturers*).

En los años setenta surgió un nuevo concepto de empresas denominadas como OSATs, (*Outsourced Semiconductor Assembly and Test providers*) que permitían la subcontratación de los procesos de ensamblaje y verificación llevados a cabo hasta el momento por las conocidas como IDMs.

Este hecho abrió un abanico de posibilidades inmenso en términos de diversificar las etapas productivas con el objetivo de ahorrar costes.

No fue hasta 1987 cuando surgió la primera fábrica independiente para la subcontratación de la fabricación y procesado de obleas de semiconductores, a este tipo de fábricas se les empezó a conocer bajo el nombre de *foundries* (fundiciones).

Estos dos hechos, aparte de permitir la diversificación de las etapas productivas, que conllevaba un ahorro en costes y especialización por parte de las empresas, también trajo consigo el nacimiento de empresas de semiconductores nuevas, sin fábrica propia, que se dedicaban única y exclusivamente al diseño de los chips, subcontratando el resto del proceso productivo. A este tipo de empresas se las empezó a conocer bajo el nombre de *fabless*.

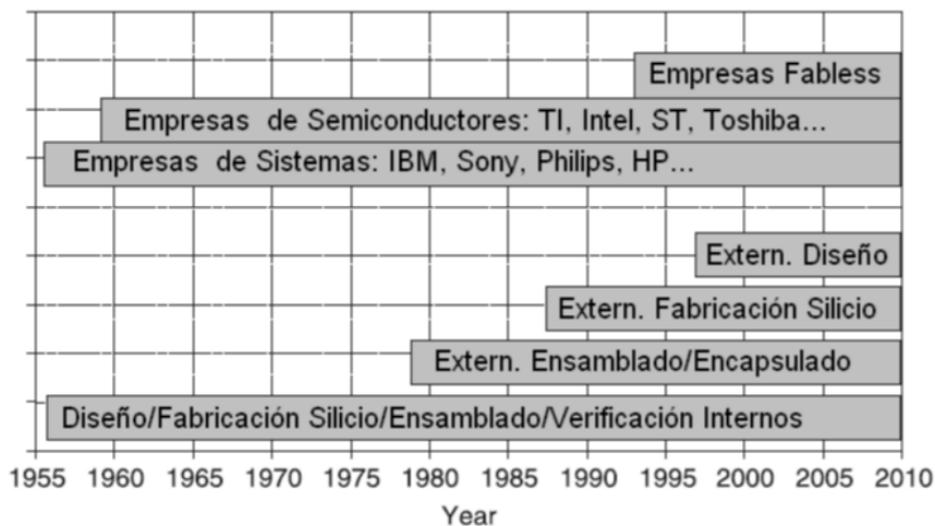


Figura 9. Avance temporal de las diferentes metodologías productivas (Fernández Herrera, 2014).

Debido al alto coste asociado, tanto a la fase de diseño de los semiconductores (requiere gran inversión en I+D), como a las costosas tecnologías utilizadas a lo largo de todo el proceso productivo, una gran parte de IDMs están optando por subcontratar algunas de las fases de fabricación, evolucionando a un modelo mixto conocido como *fab-lite*.

Con respecto a las empresas *fabless*, cabe destacar que están alcanzando un grado muy alto de competencia, tanto técnica como comercial, tratando de implementar nuevas ideas de productos. Este tipo de empresas tratan a su vez de beneficiarse de la reducción de costes añadidos asociada a la diversificación conseguida por medio de la subcontratación de las etapas del proceso productivo de ensamblaje.

En la imagen que se muestra a continuación, se aprecia de una manera esquemática las diferentes formas de proceso productivo asociadas a la industria de los semiconductores.

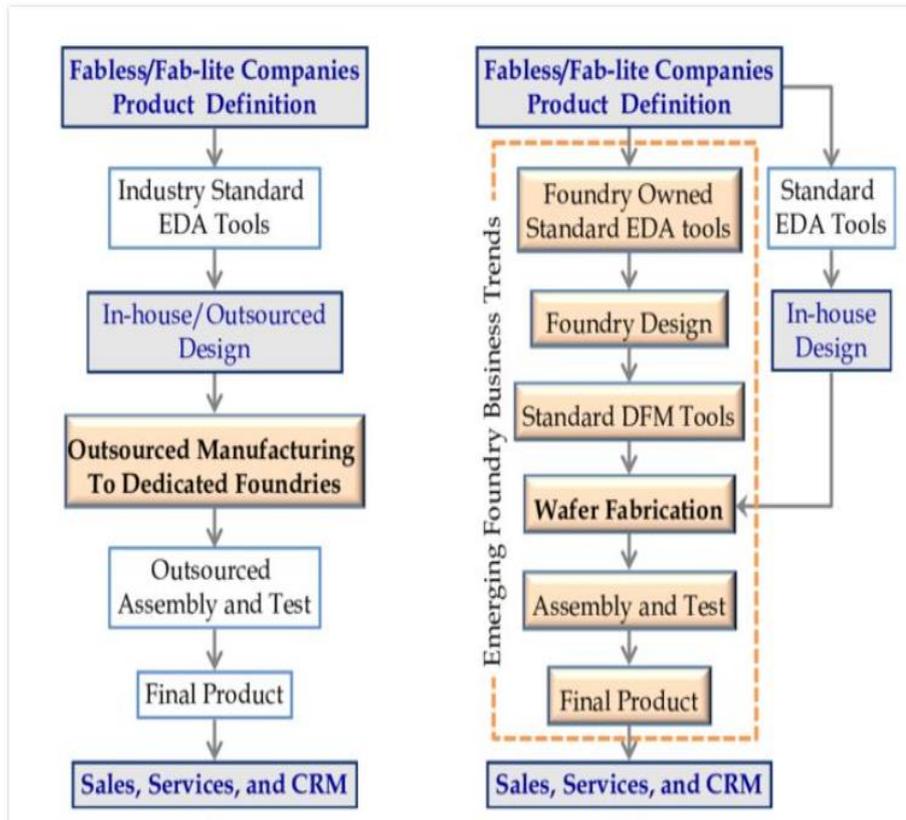


Figura 10. Esquema estructural de las etapas productivas en función de la metodología utilizada (Saha, 2016).

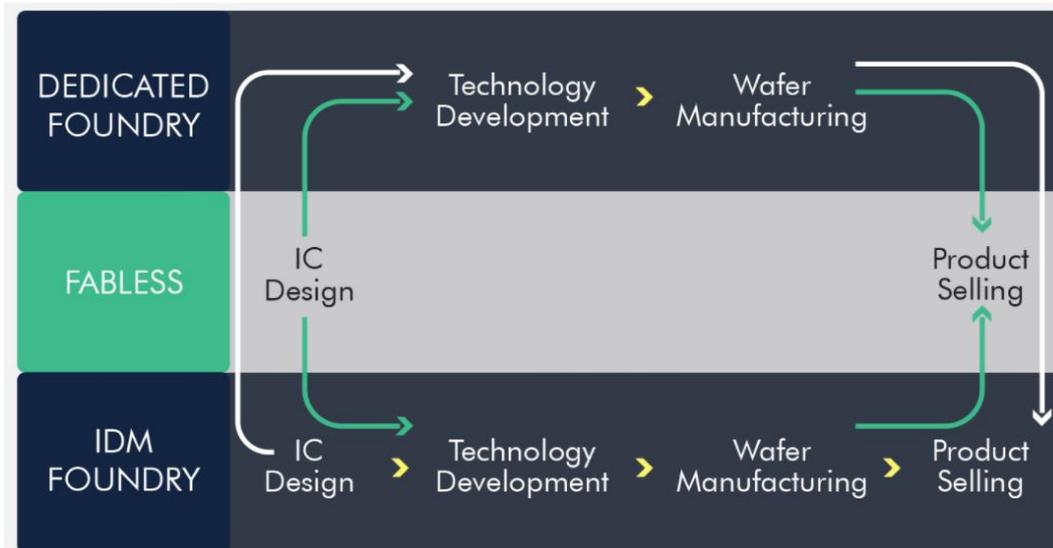
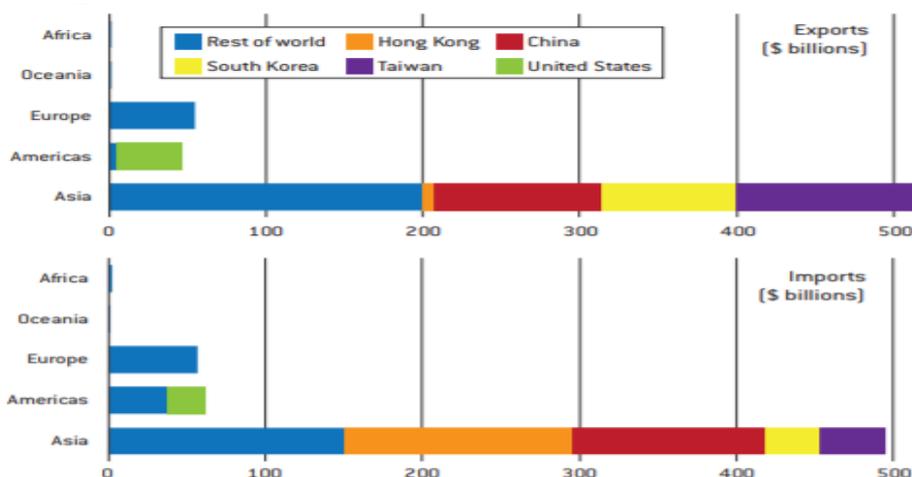


Figura 11. IDMs vs Foundries vs Fabless (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, 2021).

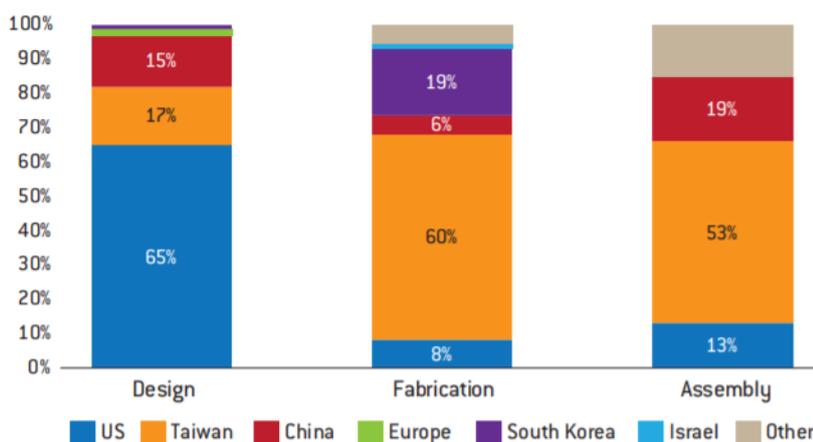
Estas dos últimas imágenes nos sirven de esquema para tener en mente qué procesos realiza cada tipo de industria específica.

Debemos de tener en cuenta que, como hemos expuesto anteriormente, el proceso completo de producción de un semiconductor es muy costoso debido a que los procesos implicados requieren de una tecnología de última generación, según comentaremos más adelante.

Por tanto, y como es de esperar, el mercado está altamente concentrado (sobre todo en las etapas de fabricación y ensamblaje) y repartido entre unos pocos protagonistas que ocupan el mayor porcentaje de cuota de mercado, tanto en términos de países, como de empresas protagonistas.



Gráfica 1. Valor de las importaciones y exportaciones de circuitos integrados (ICs) en 2019 (Poitiers & Weil, 2021).

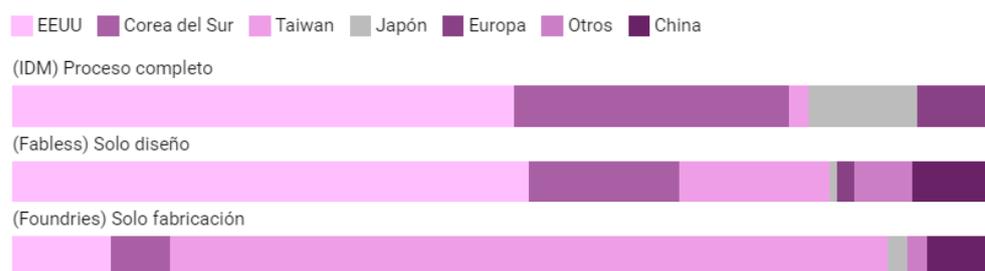


Gráfica 2. Cuota de mercado de los principales protagonistas según su origen geográfico durante 2019 (Poitiers & Weil, 2021).

De esta última imagen debemos destacar que la presencia de los diferentes países varía en función de la etapa del proceso productivo desarrollada.

Cabe destacar que las etapas del proceso que requieren mayor mano de obra humana, como son la fabricación y el ensamblaje, se llevan a cabo mayoritariamente en Asia. Este hecho se debe al escaso precio de la mano de obra en esos países.

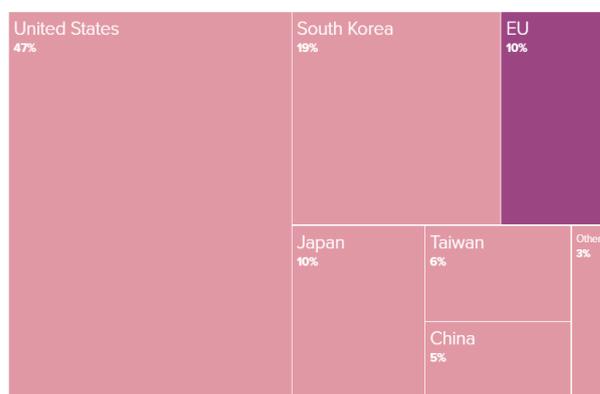
Si hacemos un estudio de la presencia de mercado de los diferentes países en función del tipo de industria productiva nos encontramos con los siguientes resultados:



Gráfica 3. Localización de las compañías dedicadas al sector de los microchips en función de su actividad (McLoughlin, 2021).

Como es de esperar, las industrias productivas que llevan a cabo el proceso puro de fabricación y ensamblaje (tanto *foundries* como IDMs) están más localizadas en Asia debido a la mano de obra, mientras que las empresas dedicadas únicamente al diseño están geolocalizadas mayormente en EE. UU.

Si por el contrario hablamos de presencia global en cuanto a la cuota de mercado total y de participación global de los diferentes países, nos encontramos lo siguiente:



Gráfica 4. Cuota total de mercado en los diferentes países protagonistas (Cerulus, 2022).

Al estar incluidas las 3 etapas del proceso productivo (diseño, fabricación y ensamblaje) nos encontramos unos resultados que tienden más hacia la vertiente estadounidense, debido a que el número de fables a nivel global supera al número tanto de foundries como de IDMs.

En cuanto a protagonistas se refiere, nos encontramos las siguientes empresas que son pioneras en el mundo:

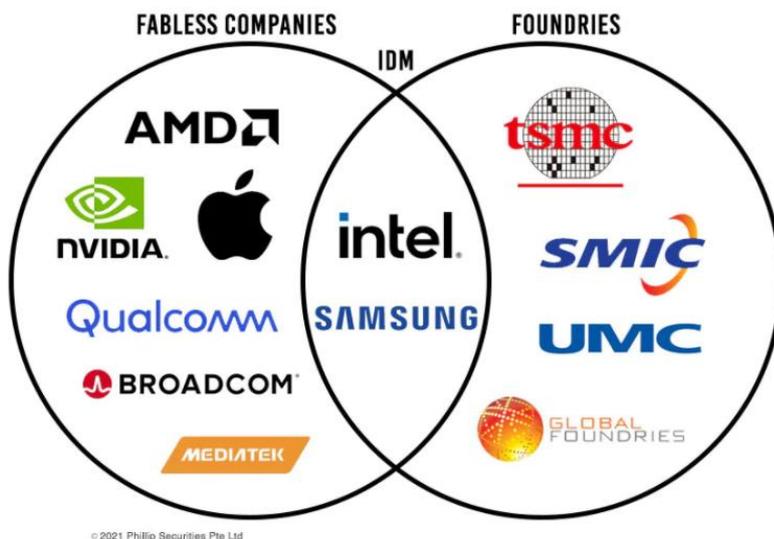
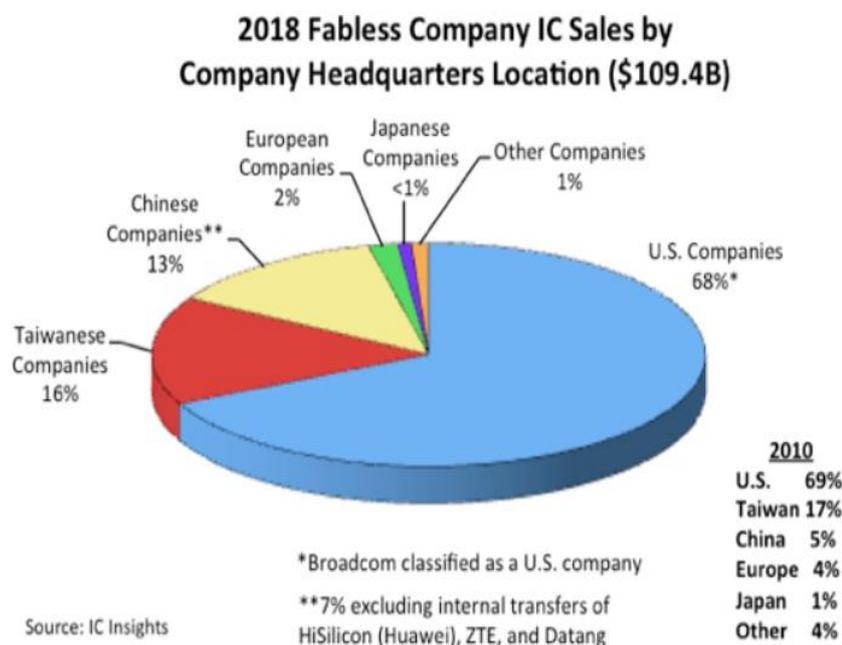


Figura 12. Principales protagonistas en la escena global (Poems- Market Journal, 2022).

A continuación, vamos a pasar a estudiar el entorno de los 3 tipos de metodologías productivas: *fabless*, *foundries* e *IDMs*.

### 2.3.1. Entorno de las *Fabless*

Se trata de empresas dedicadas únicamente a la etapa productiva de diseño de los chips.



Gráfica 5. Venta de IC de las principales *Fabless* según localización geográfica, 2018 (IC Insights, 2021).

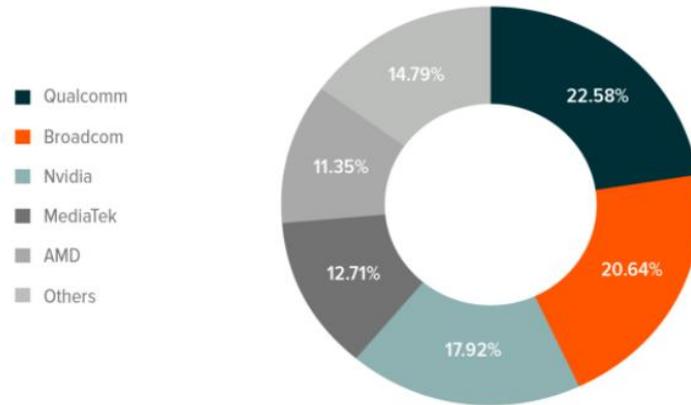
En 2018, en este estudio de *IC Insights* (IC Insights, 2021), podíamos observar que la cuota de mercado global en función de países estaba mayoritariamente copada por EE. UU. De la misma manera, el escenario se mantiene en la actualidad.

Esto se debe a que, según hemos comentado anteriormente, el número de *fabless* en este territorio es superior cuantitativamente al resto de países. Este hecho se trata de una consecuencia de que, desde el país estadounidense, se ha apostado por centrarse más en este tipo de industria, con vistas a ahorrar costes en cuanto a fabricación se refiere.

Si estudiamos en función de empresas específicas, nos encontramos las siguientes cuotas de mercado:

#### FABLESS DESIGN WORLDWIDE REVENUE SHARE, 2020

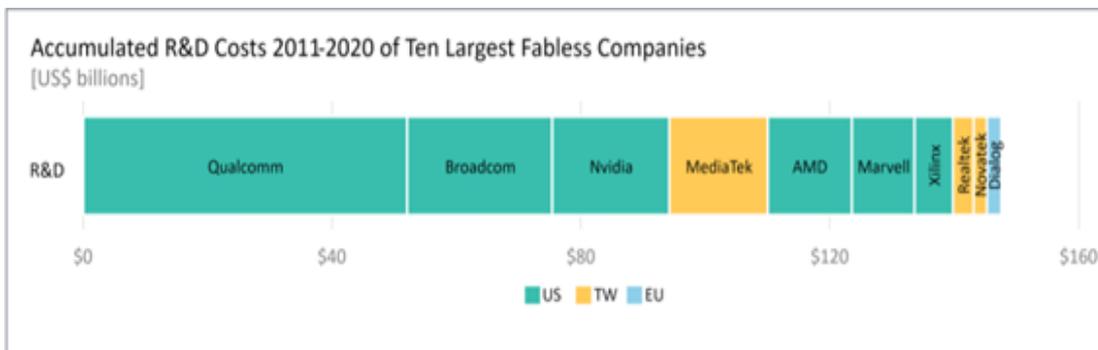
Source: TrendForce.



Gráfica 6. Cuota de ingresos de las principales Fabless mundiales, 2020 (Global X Team, 2022).

De estas empresas, todas ellas son americanas, excepto *MediaTek* que es una empresa taiwanesa.

Y a continuación se puede ver la inversión en I+D de los diferentes países y empresas de la escena:



Gráfica 7. Coste asociado a la Investigación y Desarrollo de las 10 principales Fabless del mundo, 2011-2020 (Kleinhans J., 2021).

### 2.3.2. Entorno de las *Integrated Device Manufacturers, IDMs*

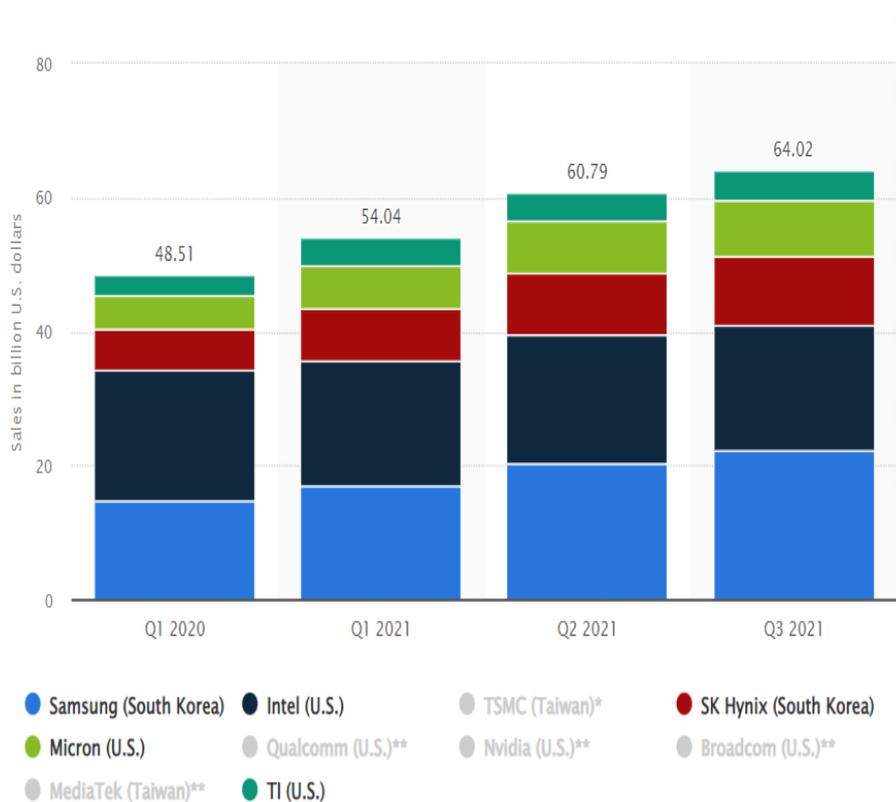
Se trata de empresas que llevan a cabo el proceso productivo de semiconductores al completo (diseño, fabricación y ensamblaje).

En el plano de las IDMs debemos destacar que, hasta hace unos años, lideraba de lejos la gigante estadounidense Intel, seguida, relativamente de cerca, por la coreana Samsung, sin tener sus competidores nada que hacer, como podemos observar en esta tabla del año 2015:

2015 Top 10 Post-Merger IDM Semiconductor Sales Leader (\$M)									
2015 Rank	Company	Headquarters	2014 Total IC	2014 Total O-S-D	2014 Total Semiconductors	2015 Total IC	2015 Total O-S-D	2015 Total Semiconductors	2014/2015 % Change
1	Intel	U.S.	51,400	0	51,400	50,305	0	50,305	-2%
2	Samsung	South Korea	35,759	2,051	37,810	39,366	2,240	41,606	10%
3	SK Hynix	South Korea	15,798	488	16,286	16,437	480	16,917	4%
4	Micron	U.S.	16,729	0	16,720	14,816	0	14,816	-11%
5	TI	U.S.	11,431	735	12,166	11,370	742	12,112	0%
6	NXP	Europe	7,718	2,477	10,195	7,775	2,425	10,200	0%
7	Toshiba	Japan	9,385	1,655	11,040	8,469	1,265	9,734	-12%
8	Infineon	Europe	4,380	2,696	7,076	4,131	2,746	6,877	-3%
9	ST	Europe	5,468	1,916	7,384	5,020	1,820	6,840	-7%
10	Sony	Japan	1,122	4,170	5,292	840	5,045	5,885	11%
Top 10 Total			159,181	16,188	175,369	158,529	16,763	175,292	0%

Tabla 1. 10 principales IDMs en función de las ventas realizadas, 2014-2015 (IC Insights, 2021).

Sin embargo, con el paso de los años, y debido a la gran visión de negocio y de geopolítica mundial de países como Corea del Sur o Taiwán, han surgido y se han potenciado nuevas IDMs como Samsung que a fecha de 2021 ya superan a Intel, según se observa en la siguiente imagen:



Gráfica 8. Capitalización de mercado de las diferentes IDMs durante el año 2020 (Statista, 2021).

Esto también sucede debido a que, desde Corea del Sur, se han dedicado muchos fondos del Estado a la investigación y desarrollo de estas IDMs, y se ha apostado mucho por el tema de los semiconductores, priorizándose como uno de los activos más importantes en los tiempos que corren.

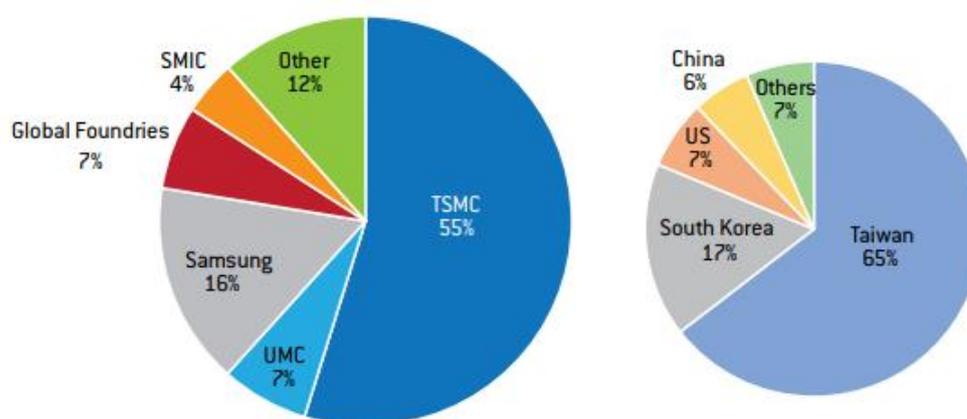
El problema con Intel ha sido que no han conseguido tener la suficiente visión de negocio para aumentar sus ventas de manera exponencial, a la par que ha ido aumentando la demanda de semiconductores.

Intel solo ha conseguido aumentar un 0.5% los ingresos en 2021 con respecto a 2020, mientras que Samsung ha conseguido un aumento del 31.6% en 2021 con respecto a 2020, según indica Gartner en su informe anual (agencia de investigación) (Solé, 2022).

### 2.3.3. Entorno de las *foundries*

Empresas dedicadas al proceso productivo de fabricación y ensamblaje de semiconductores. Digamos que las empresas *fabless* como *AMD* o *Qualcomm* subcontratan a estas *foundries* la fabricación de los chips que ellos diseñan.

Si hablamos de la escena global de las *foundries*, debemos de tener en cuenta que, como hemos comentado anteriormente, la mano de obra juega un papel decisivo debido a que en ellas se desempeñan los procesos de fabricación y ensamblaje, por tanto, es de esperar que países asiáticos tengan la mayor capitalización de mercado.



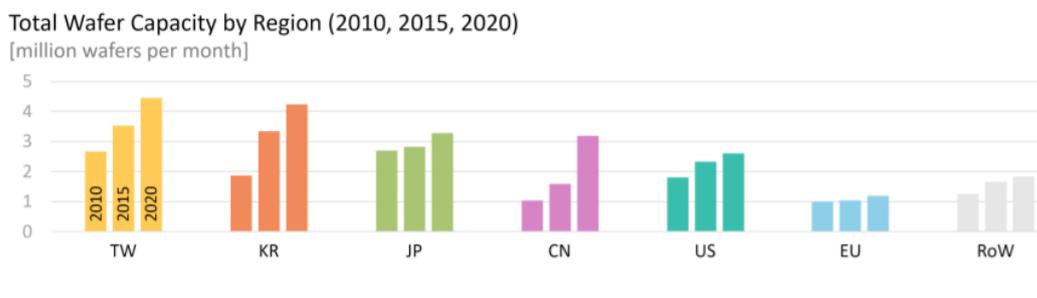
Gráfica 9. Cuota de ingresos totales de las principales Foundries según firma y localización geográfica, Q4 2020 (Poitiers & Weil, 2021).

En este gráfico solo hay una única foundry estadounidense, que es *Global Foundries*.

Por tanto, podemos afirmar que, debido a que la mayor parte de las *fabless* se concentran en EE.UU, mientras que una única *foundry* se concentra allí, este país se ve obligado a subcontratar muchas de sus fabricaciones en términos de semiconductores a las principales empresas asiáticas por razones principales:

- 1) *Global Foundries* no es capaz de cubrir toda la demanda.
- 2) Los precios en las empresas asiáticas resultan más económicos.

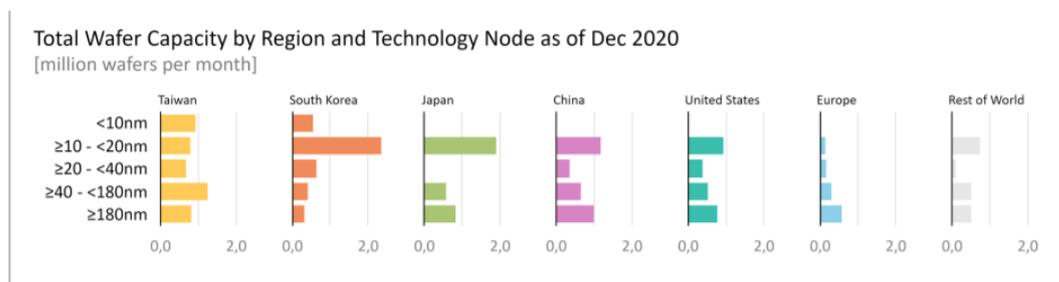
Si hablamos en función de capacidad total de producción anual nos encontramos con los siguientes resultados:



Gráfica 10. Capacidad total de producción de obleas por región (Kleinhans J. , 2021).

En esta imagen se puede apreciar el gran crecimiento que ha tenido China en el último lustro. Esto es debido a la irrupción escena del gigante chino SMIC (*China's Semiconductor Manufacturing International Corporation*), que juega un papel fundamental en la escena actual, y de la que hablaremos más adelante.

Si hablamos de las tecnologías que son capaces de alcanzar los diferentes países, nos encontramos los siguientes resultados:



Gráfica 11. Capacidad total de producción de obleas según grado de tecnología utilizada y en función de la región geográfica, Dic 2020 (Kleinhans J. , 2021).

Solo la empresa Taiwanesa TSMC (*Taiwan Semiconductor Manufacturing Company*), y la surcoreana Samsung son capaces de producir chips por debajo de los 7nm, mientras que la gigante china SMIC trata de seguirle los pasos.

## 2.4. Análisis de estrategias internas

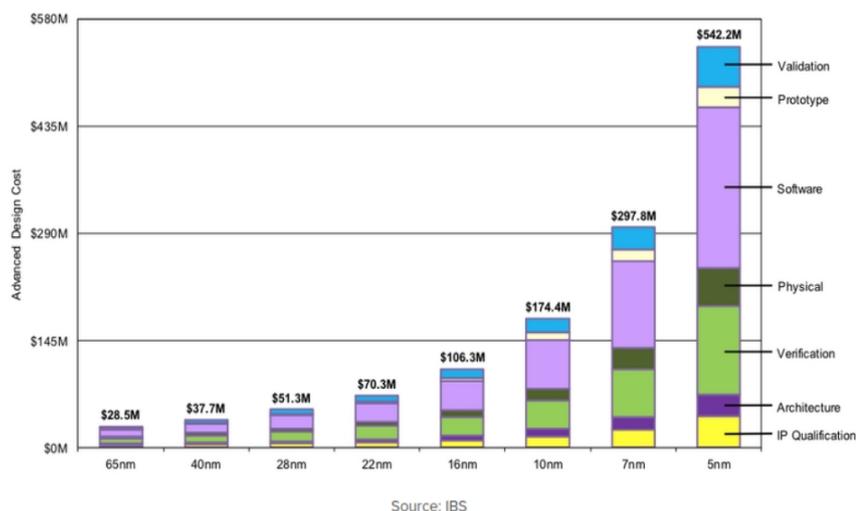
### 2.4.1. Ley de Moore

Esta ley fue escrita por *Gordon Moore* en 1975. Inicialmente el enunciado decía que “el número de transistores por unidad de superficie en circuitos integrados se duplicará cada año”. Unos años más tarde, en 1978, él mismo modificó su propia ley para aumentar esta cadencia a cada dos años.

Debemos de tener en cuenta que la Ley de *Moore* no habla de **potencia** de los procesadores, sino que nos habla únicamente de la **densidad** de estos, es decir, del número total de transistores que podemos colocar en el interior de un área determinada.

Por tanto, lo más importante para que se cumpla es reducir el tamaño de estos transistores, ya que la unidad de superficie, es decir, el espacio en el que van a ir integrados va a ser siempre el mismo. De esta forma podremos medir y cuantificar de manera más sencilla esta ley

Es decir, para que se pueda cumplir esta ley es de vital importancia trabajar en la etapa productiva del diseño de los semiconductores.



Gráfica 12. Coste de las diferentes etapas que conforman el diseño de un semiconductor en función de su superficie (Tomelloso, 2021).

En la imagen anterior podemos observar los costes asociados a las diferentes etapas del diseño de un chip y su evolución temporal a lo largo de las diferentes superficies alcanzadas.

Como es de esperar, cada vez es más complicado reducir el tamaño de los transistores, y la complejidad va de la mano del coste, tanto en investigación de nuevos procesos productivos, como en desarrollo de estos.

Es por ello por lo que se están desglosando los procesadores en varias unidades distintas, teniendo algunas de ellas la posibilidad de fabricarse con nodos de menor generación.

También debemos de tener en cuenta que la mayor parte de los dispositivos electrónicos utilizados asiduamente no requieren de los chips de última generación. Hassan Khan, antiguo profesor de la Universidad de Carnegie Mellon (EE.UU), que estudió las políticas públicas del fin de la Ley de Moore, afirma que “No tiene sentido poner, por ejemplo, un chip A14 (última generación) en cada ordenador del mundo. Tampoco lo necesita el termómetro inteligente que utilizamos en casa, y no hace falta poner 15 de ellos en nuestros coches.”

Como contexto a esta afirmación, podemos sacar en claro que la Ley de Moore va de la mano de los aparatos tecnológicos de última generación, y por ende no afecta de igual manera al común de los aparatos electrónicos usados asiduamente.

El problema actual ligado a este tópico reside en que los principales productores de semiconductores copan su capacidad productiva, la cual está muy mermada por la excesiva demanda incipiente, en el diseño y fabricación de los chips de última generación, en detrimento de chips de mayor tamaño (menos tecnológicamente punteros), tal y como veremos a lo largo de este trabajo de investigación.

Lo que empeora el problema es que "nadie está construyendo equipos de fabricación de semiconductores para mantener las tecnologías más antiguas. Estamos entre la espada y la pared", resalta uno de los analistas de la Asociación del Sector de Componentes Electrónicos, empresa estadounidense.

“Comprar los últimos chips de vanguardia, o invertir en diseños especializados podría no resultar práctico para muchas empresas a la hora de desarrollar productos para un futuro digitalizado. Es poco probable que los fabricantes de dispositivos de consumo, como una Thermomix, inviertan en desarrollar chips especializados con objeto de añadir funciones más sofisticadas, cuando pueden recurrir a chips fabricados con tecnologías más antiguas los cuales les van a brindar las mismas prestaciones”, según indica David Kanter, director ejecutivo de un consorcio de ingeniería dedicado al aprendizaje automatizado.

# CAPÍTULO 3: ANÁLISIS EXTERNO DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO DE SEMICONDUCTORES – ANÁLISIS PESTEL

## 3.1. Factores políticos

---

Dentro del análisis de los factores políticos, vamos a analizar la situación en torno a los grandes protagonistas de la escena de los semiconductores.

De la misma manera, comentaremos los factores políticos que influyen a la escena europea en el ámbito de los chips.

Debemos de tener en mente que, debido a las grandes fluctuaciones actuales en el ámbito geopolítico, es muy complejo dar una visión que no esté ciertamente sesgada, debido a la gran cantidad de factores influyentes.

### 3.1.1. Importancia mundial de Taiwán

Taiwán lo es todo en cuanto a fabricantes de chips se refiere, ya que cuenta con una cuota de mercado superior al 65% en cuanto a *foundries* se refiere, como podemos observar en la Gráfica 9.

Esto puede llegar a ser un gran inconveniente puesto que, al tratarse de un país relativamente pequeño, cualquier contratiempo puede llegar a poner contra las cuerdas a toda la tecnología mundial.

Algunos de los riesgos que pueden llegar a poner en peligro la situación geoestratégica de Taiwán son las catástrofes naturales y el impacto del coronavirus, los cuales comentaremos a lo largo de este análisis PESTEL en los apartados de factores ecológicos y factores sociales respectivamente.

La gran cuota de mercado que tiene Taiwán con respecto a sus competidores se debe a su gigante industrial TSMC (*Taiwan Semiconductor Manufacturing Company*).

*Taiwan Semiconductor Manufacturing Company* (TSMC) ha sido pionera en el negocio de las *foundries* desde su irrupción en 1987. En la actualidad, es el mayor fabricante independiente de microchips, con una cuota de mercado superior al 50%, como se observa en la Gráfica 9.

Por ejemplo, Apple es el mayor cliente de TSMC, ya que representa una quinta parte de sus ingresos anuales. La clientela de TSMC incluye otros titanes tecnológicos como *Nvidia*, *AMD*, *Broadcom* y *Qualcomm*.

Además, la inversión continua de TSMC en tecnologías avanzadas de obleas y procesos de fabricación de vanguardia le ha permitido ser un productor líder de chips de 5nm para sus clientes. Se prevé que la producción de chips de 3nm por parte de TSMC comience en este año 2022.

También cabe destacar que TSMC fabrica los semiconductores por encargo de otras empresas, y en situaciones de alta demanda y disrupciones en la cadena de suministro, como sucede en la actualidad, prioriza a sus mejores clientes.

Por ejemplo, los pedidos de Apple con sus nuevos chips M1. También AMD se encuentra entre sus clientes, e Intel, competidora de AMD, ha tenido que recurrir a su vez a la taiwanesa para fabricar sus chips de menor tamaño.

TSMC también ha dejado de reducir sus precios en los tiempos que corren puesto que la potencia de procesamiento de los chips con los que trabajan, que son muy punteros, se ha vuelto más cara.

IC Insights, empresa de investigación, calcula que TSMC puede cobrar entre dos y tres veces más por oblea de silicio fabricada con sus procesos más avanzados, en comparación con lo que obtendrá la siguiente tecnología más avanzada.

Se crea así un ciclo de retroalimentación positiva puesto que el elevar los precios permite a TSMC reinvertir sus ganancias en la investigación y desarrollo de chips de la próxima generación. Este ciclo gira cada vez más rápido, ya que hace 4 generaciones de chips se necesitaron dos años para que esos chips representaran el 20% de sus ingresos, mientras que la última generación de chips necesitó solo seis meses para alcanzar ese mismo nivel (Español News, 2022).

Por tanto, podemos afirmar que TSMC está actualmente en una posición envidiable dentro del mercado de las empresas de semiconductores, pero esto no quiere decir que su posición sea inexpugnable, ya que puede cometer errores tecnológicos, como los cometidos por la americana Intel en el pasado, que pueden llevar a TSMC a perder su hegemonía global.

Uno de los peligros más graves que tiene TSMC proviene de la situación geopolítica actual existente principalmente en torno a China y a EE. UU, que comentaremos a continuación.

El gobierno taiwanés intenta paliar este problema alentando a todos sus fabricantes de chips, en especial a TSMC, para tratar de ayudarles a mantener su producción de vanguardia en la isla como forma de protección contra la intromisión extranjera, puesto que los fabricantes taiwaneses representan, por contrato, dos tercios de las ventas mundiales de chips.

Según se observa en la siguiente imagen, TSMC tiene la mayoría de sus activos en suelo taiwanés:



Gráfica 13. Activos a largo plazo de TSMC por ubicación, 2010-2020 (The Economist, 2022).

TSMC, tratando de tranquilizar tanto a EE. UU como a China con esta situación, ha ofrecido invertir más en las líneas de producción que tienen sede en estos países.

Sin embargo, la fábrica que TSMC tiene en Nanjing (China), inaugurada en 2018, produce chips que están dos generaciones por detrás de la vanguardia.

A su vez, para cuando la fábrica que tiene diseñada en EE. UU esté inaugurada allá por 2024, TSMC estará produciendo en suelo taiwanés chips más vanguardistas que los producidos en esta fábrica.

Geopolíticamente hablando cabe destacar que pese a tener Taiwán, a través de TSMC principalmente, el monopolio mundial mayoritario en cuanto a la fabricación de semiconductores se refiere, se trata de un país con poco protagonismo global en cuanto a poder económico e influencia geoestratégicas.

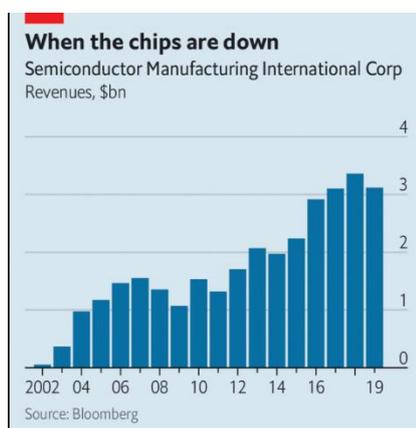
### 3.1.2. Papel de China y EE. UU. en la escena actual y su rivalidad

Xi Jinping, actual presidente de la República Popular China, ha decidido tomar cartas en el asunto de los semiconductores, desde hace años, en vista de la gran hegemonía existente por parte de Taiwán en lo que a fabricación de obleas de silicio se refiere.

Tanto es así, que en el año 2015 se impulsó en China el programa *Made in China 2025*, en el cual se comprometieron, entre otras cosas, a invertir aproximadamente 300.000 millones de dólares en convertirse en una de las grandes potencias mundiales en los diferentes campos de alta tecnología entre los que destaca el área de los semiconductores.

Uno de los objetivos principales de este plan es desencadenarse de las importaciones extranjeras en materia de semiconductores, y comenzar a ser su propia fuente de satisfacción de demanda de chips mediante la implantación de *foundries* de alta tecnología en su territorio. El objetivo marcado por la administración china era el de producir en torno al 70% de sus semiconductores para el año 2025.

La administración China pretende destinar gran parte de la inversión del plan *Made in China 2025* a impulsar el crecimiento de la empresa SMIC (Semiconductor Manufacturing International Corporation), que ha crecido exponencialmente y de manera vertiginosa en los últimos años.



Gráfica 14. Ingresos anuales de SMIC (*The Economist*, 2022).

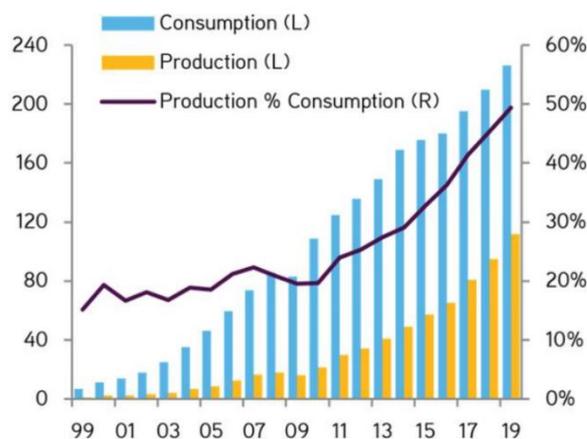
La industria china es fuerte debido a dos factores. Por un lado, debido a que en su territorio cuentan con muchas fuentes naturales de alimentación de las principales materias primas necesarias en el proceso de producción de semiconductores, y por otro lado debido al escaso precio de la mano de obra existente en este país.

Ambos factores confieren a China una interdependencia en la cadena de valor de los semiconductores.

Sin embargo, no es oro todo lo que reluce, ya que:

-En 2019, China importó semiconductores por valor de 304.000 millones de dólares, mayor cantidad que la importada por petróleo.

-Mientras tanto, solo fue capaz de fabricar en torno al 16% de su demanda.



Gráfica 15. Importaciones vs Exportaciones de China, 2019 (Seeking Alpha, 2021).

Esto quiere decir que el mayor consumidor de chips del mundo depende en gran parte de proveedores extranjeros.

Estados Unidos, enmarcado dentro de su particular guerra geopolítica con China (que afecta al resto del mundo) pretende explotar esta dependencia haciéndola todavía más notoria.

Por ello, durante la administración Trump se llevaron a cabo una serie de medidas con el fin de controlar todo lo posible las exportaciones que China recibe.

Hoy en día, la administración *Biden* continúa trabajando en esta misma línea.

Algunas de las medidas tomadas por EE. UU. en contra de China han sido:

- En 2019, el Departamento de Comercio Exterior de EE. UU. promulgó una regla que prohibía a Huawei, entre otras empresas, obtener chips y otros componentes electrónicos fabricados en el extranjero, pero producidos haciendo uso de *software* o tecnología estadounidense.

Esta prohibición cierra el vacío legal por el cual las compañías estadounidenses podían vender a terceros, y esos terceros podían proveer a su vez a Huawei.

Se conoce como el veto a Huawei, lo estudiaremos más en profundidad durante el análisis de los factores legales.

-Otra de las medidas tomadas giró en torno a la comercialización de patentes haciéndola incluso más restrictiva con respecto al país asiático.

Podemos afirmar de esta manera, que se está librando una nueva guerra fría tecnológica entre China y EE. UU., en parte porque una importante parte de los semiconductores que China exporta van destinados a armamento militar.

Como es lógico, estas medidas generaron una gran preocupación en el seno de la administración China ya que veían muy atenuado su plan hacia la autosuficiencia y hacia el objetivo de producir el 70% de sus propios conductores para el año 2025.

De esta manera podemos afirmar que hoy en día China es el único país mundial que muestra una diferencia tan abismal entre los objetivos políticos declarados, y la realidad tecnológica existente.

A mayores de estas medidas adoptadas por EE. UU. , China se puede encontrar con otros problemas derivados de una política industrial no del todo acertada, estos son:

-Despilfarro y asignación de recursos poco óptima que no logre aprovechar el escalado del mercado chino.

-Incapacidad de resolver el problema de violación de algunos de los derechos humanos, móvil que Estados Unidos ha utilizado como coartada para la imposición de sus medidas aplicadas.

### 3.1.3. Situación de Europa en la escena actual

En el ámbito geopolítico Europa juega un papel completamente minoritario debido a que carece de armas tecnológicas que lo puedan posicionar como uno de los protagonistas de la escena de los semiconductores a nivel mundial.

Por desgracia, Europa actualmente solo destaca en el ámbito de la litografía, con la empresa holandesa ASML, según comentaremos más adelante durante el análisis de los factores tecnológicos.

Este hecho de no ser protagonista a nivel mundial ha llevado al continente europeo a lo largo de los últimos años a ser dependiente de las decisiones tomadas por los protagonistas de la escena, como pueden ser EE. UU. en el ámbito del diseño de chips, o Taiwán, China y Corea en el ámbito de la fabricación.

Por tanto, Europa debe buscar una solución inmediata para poner fin a la dependencia total que tiene del resto de los países en el ámbito de acceso al campo de los microchips.

Puesto que, de no ser así, cualquier paso mal dado por alguno de los países europeos que provoque poner en contra de nuestro continente a alguno de los países protagonistas de la escena provocaría una enorme disrupción y escasez (mayor que la ya existente) que resultaría imposible de paliar en el corto/medio plazo.

## 3.2. Factores económicos

---

Dentro del análisis de los factores económicos debemos de tener en mente que la tecnología utilizada en el proceso de fabricación de semiconductores es puntera y de última generación, y por tanto lleva asociado un coste muy elevado.

En el proceso de **diseño** de los semiconductores, este pesado coste es atribuido al gasto necesario en Investigación y Desarrollo, factor clave asociado de la mano de la Ley de *Moore*.

Es necesario invertir gran cantidad de capital en vista a tratar de reducir el tamaño de fabricación de los nodos, puesto que, a menor tamaño de nodo , mayor cantidad de nodos caben en un semiconductor y por tanto mayor potencia tendrá.

En el ámbito del diseño de semiconductores, Europa juega un papel totalmente secundario, según podemos observar en la Gráfica 5, con una cuota de mercado en este ámbito inferior al 2%.

Por tanto, y como es de esperar, la cantidad de recursos destinados por las empresas europeas a la investigación y desarrollo es ínfimo en comparación con el resto de los países, como podemos observar en la Gráfica 7. Destaca únicamente la inglesa *Dialog*, que es la única que logra entrar entre las 10 *fables* más importantes de la escena global.

Por otro lado, en el proceso de **fabricación** nos encontramos unos resultados igual de poco esperanzadores:

-La cuota de la UE en el comercio mundial de semiconductores disminuyó desde un máximo del 22% en 1998 a un 13% en 2010 , y posteriormente cayó a un 9% en 2017, a pesar de que el valor de la producción de la UE creció una media del 3,8% anual entre 2010 y 2017 (hasta 35.000 millones de dólares) (Coulon, Olliver, Saint-Martin, & Vodovar, 2020).

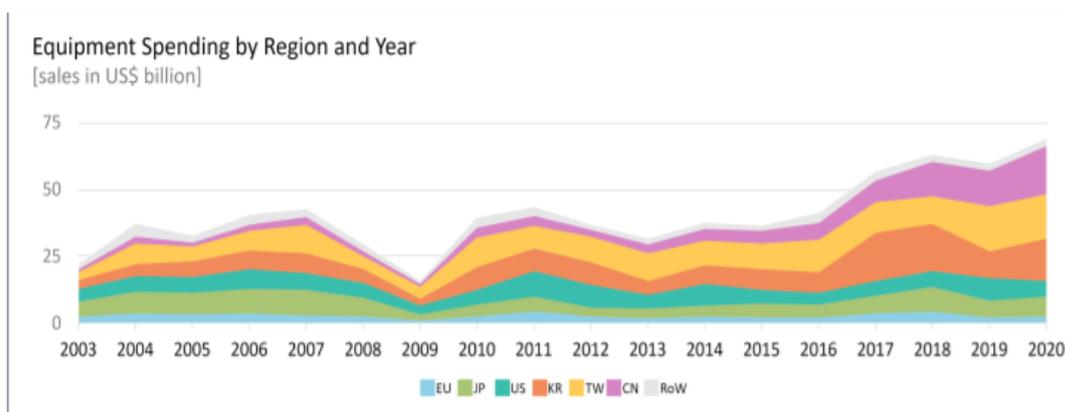
Las fundiciones europeas no invirtieron lo suficiente para seguir el rápido ritmo de innovación de la industria. En 2020, solo el 3% de la inversión mundial para equipar las fundiciones fue en Europa (Kleinhans & Baisakova, 2020).

Con esta última afirmación, realizada por *Kleinhans y Baisakova*, podemos darnos cuenta de que uno de los serios problemas que tiene Europa recae en el hecho de que durante años nadie se ha preocupado por destinar capital económico a la actualización de los procesos productivos hacia tecnologías más punteras, y es por ello por lo que nos hemos quedado a la vanguardia del resto de países.

En 2003, Europa era responsable de casi el 12% de todo el gasto en equipos, pero en 2020, solo el 3% del gasto en equipos se realizó en Europa. (Kleinhans J. , 2021)

El mercado mundial de equipos pasó de 22.000 millones de dólares en 2003 a unos 69.000 millones en 2020, pero la inversión en equipos de fabricación en Europa fue menor en 2020 (2.400 millones de dólares) que en 2003 (2.560 millones de dólares) (Kleinhans J. , 2021).

Estos datos quedan reflejados en la siguiente ilustración:



Gráfica 15. Gasto anual en equipos en función de la localización geográfica (Kleinhans J.-P. , 2021).

En color azul clarito podemos observar que, mientras que el resto de países han ido aumentando su gasto en el ámbito de semiconductores, Europa que ya lo tenía bajo, lo ha mantenido.

### 3.2.1. Estrategia de diversificación de las etapas productivas

Hoy en día es posible subcontratar todo el proceso de diseño y fabricación de semiconductores a empresas especializadas. De hecho, las empresas que así lo hacen crecen más rápido que el conjunto de la industria de los semiconductores, de la que suponen más de un 20% (Kleinhans J. , 2021).

En los tiempos que corren, y debido, en parte, al alto grado de complejidad de las tecnologías utilizadas, las inversiones necesarias en infraestructura para fabricar semiconductores son cada vez mayores. Del mismo modo, los gastos asociados al proceso de diseño y desarrollo de los nuevos circuitos integrados (chips) de última generación también lo son. Es por eso por lo que muchas de las empresas optan por subcontratar ambos procesos.

### 3.3. Factores sociales

---

Dentro del estudio de los factores sociales se engloban todos los hitos socio culturales que a lo largo de la historia han condicionado a las cadenas de suministro de semiconductores a nivel global.

Históricamente las cadenas de suministro han tenido problemas derivados de la concentrada geolocalización de sus activos entre solo unos pocos países protagonistas, entre los que Europa no tenía cabida.

En los últimos tiempos, se han visto tremendamente azotadas, desde principios del año 2020, por la irrupción de la pandemia del virus conocido como SARS COV 2 vulgarmente llamado coronavirus o Covid-19.

Si bien es cierto que el COVID-19 ha golpeado gravemente a las cadenas de suministro de semiconductores globalmente, estas ya eran frágiles antes de la aparición del virus y las consecuencias que este trajo en el ámbito del abastecimiento.

Por tanto, podemos afirmar que la pandemia no hizo más que terminar de desencadenar un problema endémico que ha venido agravándose con el paso de los años y a medida que los grandes gobiernos de todo el mundo han ido adquiriendo mayor peso en el ámbito geopolítico global.

Muchos de los problemas ya existentes vienen derivados del enorme problema relativo a la escasez de productores de chips, según ya hemos comentado a lo largo del apartado anterior.

Otro de los problemas existentes, en el que no hemos indagado, pero sí comentado, es el asociado a la localización de las diferentes fuentes de abastecimiento de chips.

Muchas veces existen dificultades logísticas de acceso a estas fuentes, las cuales se vieron agravadas debido a las medidas y prohibiciones impuestas por los diferentes gobiernos tras la irrupción de la pandemia.

A continuación, haremos un análisis con mayor profundidad de los diferentes hechos que han tenido lugar en los últimos años y que han provocado la desestabilidad que tenemos actualmente a nivel global en las cadenas de suministro de chips.

### 3.3.1. Efecto de la irrupción del Coronavirus

Tras la irrupción del Covid-19, que explotó con gran influencia a nivel global en torno a Febrero-Marzo del año 2020, se decidieron tomar una serie de medidas restrictivas a nivel global, con el fin de tratar de reducir la expansión de esta pandemia.

Estas medidas, como todos conocemos, vinieron dadas mayoritariamente en forma de confinamientos en los hogares, cierre total de industrias secundarias, y cierre parcial de industrias calificadas como primarias para el abastecimiento de las necesidades básicas humanas.

La irrupción del virus realmente puso en jaque a la mayor parte de las economías globales. La mayor parte de las empresas mandaron a sus empleados a régimen de teletrabajo, ya sea por obligaciones estatales o con el fin de evitar una ola de contagios en sus negocios.

Ante el hecho del inicio masivo del teletrabajo debemos de tener en cuenta que la mayor parte de las empresas no estaban adaptadas para llevar a cabo esta metodología de trabajo de la noche a la mañana, puesto que no carecían de los equipos informáticos necesarios con los que poder dotar a sus trabajadores.

Por ello, durante los primeros compases de la pandemia hubo un auge inmenso en la demanda de equipos informáticos, que terminó desencadenando en un gran cuello de botella.

Primero fueron piezas concretas las que faltaban ante demanda, como son las encargadas de gestión de energía, los microcontroladores o las piezas de visualización, pero rápidamente este desabastecimiento se extendió a materias primas tan comunes como pueden ser los cableados de un ordenador.

«Durante el segundo trimestre estamos experimentando un crecimiento muy fuerte. No puedo ofrecerte cifras desglosadas porque no las hacemos públicas por región, pero sí puedo decirte que en el mercado mundial durante el mes de abril de 2020 crecimos un 40% frente al año anterior», confesó en junio de 2020 Emmanuel Fromont, vicepresidente corporativo de Acer, empresa puntera de ordenadores portátiles.

Según la consultora IDC, durante el primer trimestre de 2021 el mercado global del PC creció un 55% si lo comparamos con el mismo periodo del año anterior, lo que es un aumento histórico nunca visto hasta el momento.

Con el aumento en la demanda de ordenadores, se juntó el auge en la demanda de tarjetas gráficas debido a la gran irrupción que tuvo la minería de criptomonedas durante la pandemia, que despertó gran fanatismo sobre todo en el sector de las personas de entre 20 a 40 años.

Como es de esperar, este desabastecimiento conllevó un aumento nunca antes visto en cuanto a los precios de los diferentes componentes puesto que el número de unidades de estos estaba muy limitado

A continuación, se muestra el caso concreto del efecto de la minoría de las criptomonedas en el aumento de los precios de las tarjetas gráficas:



Gráfica 16. Evolución temporal de los precios de los AIB (Solé, 2021)

Dentro del estudio de estas disrupciones en la demanda debemos distinguir entre:

-Chips más modernos: son aquellos que utilizan la tecnología más punteras. Requeridos en la fabricación de ordenadores o teléfonos móviles. Su precio, al ir ligado a la tecnología utilizada en su fabricación es más elevado que los chips más 'comunes'.

Durante los últimos años tan solo cuatro compañías han demostrado ser capaces de fabricar circuitos integrados utilizando nodos tecnológicos muy avanzados: TSMC, Samsung, Intel y Global Foundries. Y estas dos últimas se han quedado relativamente rezagadas, como ya hemos comentado anteriormente.

Que la producción de los circuitos integrados más sofisticados esté en manos de solo unas pocas compañías es un problema porque, como estamos viendo, si la demanda se incrementa sensiblemente es muy difícil que sean capaces de satisfacerla.

En este contexto TSMC ejerce un rol absolutamente protagonista porque en su cartera de clientes se codean compañías con la envergadura de Apple, NVIDIA, AMD o Qualcomm, entre muchas otras. Y todas ellas recurren a este fabricante taiwanés de semiconductores porque actualmente tiene los nodos tecnológicos más avanzados como ya hemos explicado anteriormente.

-Chips ‘normales’: son aquellos cuya tecnología de fabricación no requiere ser de última generación. Dentro de este tipo de chips se engloban los usados mayormente en el sector del automóvil. Al no utilizar una tecnología tan puntera su precio no es tan elevado como en los chips de última generación

Cabe destacar que este tipo de semiconductores puede ser acometido por un mayor número de fabricantes, no solo por los 4 protagonistas del mercado, puesto que estamos hablando de chips de entre 10 y 40 nanómetros.

El problema aquí reside que, en igualdad de condiciones, y como es completamente lógico, una *pure fab* como puede ser TSMC va a elegir el destinar sus recursos productivos en la producción de chips de última generación en detrimento de los chips que utilizan tecnologías menos punteras, puesto que estos le van a generar un mayor porcentaje de ganancias.

Se crea de esta manera un nuevo cuello de botella en torno a los chips que utilizan tecnologías menos punteras, y aquí entra el papel del sector automovilístico.

Este sector viene a suponer un 10% de los pedidos de microchips cada año. No son ni mucho menos el principal cliente.

Como es de esperar, al inicio de la pandemia, se cancelaron todas las producciones en las fábricas automovilísticas. De esta manera, con el paso de los meses, se juntaron todos los coches que no habían podido ser producidos debido al cierre de las factorías, creándose un nuevo cuello de botella en el sector automovilístico.

De la misma manera, la pandemia alentó a las personas a la compra de vehículos propios puesto que el transporte público estaba visualizado como un potencial foco de contagio, así que esto supuso un aumento en la venta de automóviles que se sumó a los que todavía estaban pendientes de fabricar.

Cuando los gobiernos estatales fueron levantando paulatinamente los cierres de factorías con el fin de recuperar poco a poco la vida conocida antes de la pandemia, los fabricantes de automóviles se encontraron con un cuello de botella, y posicionados en los estadios finales de la gran cola de espera existente.

En respuesta, fabricantes de automóviles como Volkswagen, Ford y Toyota recortaron la producción en un momento en que la industria estaba en el precipicio de un boom.

Los fabricantes de coches se han quejado a sus gobiernos, y el peso que esta actividad industrial tiene en la economía global ha provocado que Estados Unidos, Alemania Europa y Japón, que son los 4 mayores productores de automóviles, presionen a los fabricantes de semiconductores asiáticos, y especialmente a TSMC y Samsung, para que den prioridad a la producción de los chips que requiere la industria del automóvil.

Para añadir a los grandes contratiempos de la cadena de suministro en el segundo trimestre los cuales estudiaremos durante el análisis de los factores ecológicos, países del sudeste asiático como Malasia, Vietnam, Tailandia, Filipinas y Singapur, que cuentan con gran papel en cuanto a la distribución de semiconductores, tuvieron que luchar contra los brotes de COVID-19 a gran escala y las condiciones meteorológicas extremas.

Por tanto, podemos afirmar que cualquier suceso, ya sea de carácter natural, social o geopolítico, que tenga lugar en alguno de los países clave en torno a los que gira el proceso de producción de semiconductores, va a influir de manera drástica creando un incremento mayor en los ya existentes desabastecimientos.

Esto es lo que explica que cualquier suceso global externo a las cadenas de suministros pueda influir en el precio de los aparatos electrónicos que se venden en suelo europeo.

Cada fenómeno ha contribuido a la actual volatilidad del mercado y seguirá afectando a las perspectivas de las empresas, ya que los fabricantes de chips esperan que la escasez continúe en los próximos años.

La papeleta existente, tanto a nivel europeo como a nivel mundial, es tan difícil de resolver que algunos fabricantes de semiconductores han confirmado que han tenido que empezar a auditar los pedidos de sus clientes para evitar que algunos de ellos acaparen la producción. Y es que, al parecer, han detectado que hay empresas que están pidiendo chips por encima de sus necesidades reales con el propósito de aprovisionarse para un medio plazo en el que nada parece indicar que esta crisis vaya a apaciguarse.

### 3.4. Factores tecnológicos

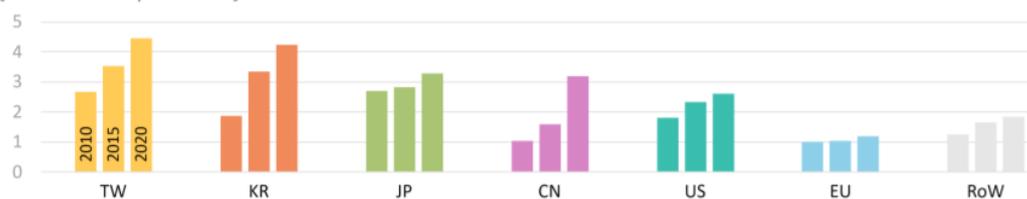
En este apartado vamos a realizar un análisis sobre los factores tecnológicos que influyen en las cadenas de suministro de semiconductores.

Europa, según ya hemos venido comentando, se encuentra en una posición completamente desfavorable en el ámbito de las tecnologías utilizadas, puesto que estas son continuamente disruptivas y Europa no ha sabido invertir el capital necesario para mantenerse en la vanguardia del sector.

Prueba de ello son los Gráficos 10 y 11 en los que podemos observar la baja cuota de mercado europea en la producción de obleas comparada con el resto de protagonistas de la escena.

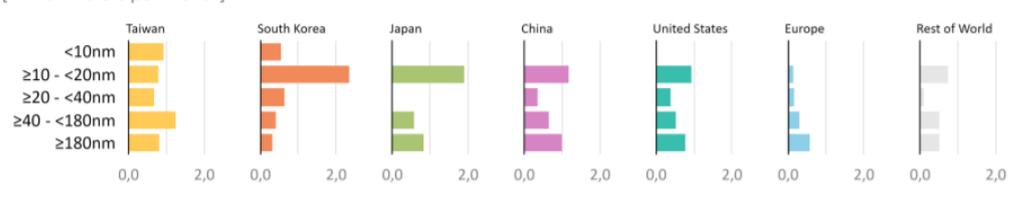
Total Wafer Capacity by Region (2010, 2015, 2020)

[million wafers per month]



Total Wafer Capacity by Region and Technology Node as of Dec 2020

[million wafers per month]



Sin embargo, Europa tiene un potencial arma sobre la cual poder apoyarse para tratar de ir ganando poco a poco algo de hegemonía mundial en el ámbito de los semiconductores, a través de la gigante holandesa ASML.

### 3.4.1. Papel europeo en la escena actual. Litografía y ASML

Como hemos podido observar a lo largo del desarrollo de este trabajo de investigación, el papel que juega Europa en la escena actual de los semiconductores es bastante escaso, e incluso más en el sector tecnológico.

Las principales fundiciones europeas, como *Global Foundries* (Alemania), *STMicroelectronics* (Francia e Italia), *Bosch* (Alemania), *Infineon* (Alemania) y *NXP* (Países Bajos) tienen una pequeña parte de la capacidad de producción y de la producción mundial, estimada en un 10% de la de la producción mundial (Kleinhans J. , 2021).

Aunque están especializados en sus nichos, sus capacidades de producción están lejos de la frontera tecnológica (Kleinhans J. , 2021).

Las únicas fundiciones que producen chips modernos son *Global Foundries* y *STMicroelectronics*, pero incluso sus modelos están varias generaciones por detrás de las producciones más recientes de Taiwán, Corea y Estados Unidos, ya que como máximo logran alcanzar nodos de 10 nm.

Sin embargo, en sus campos de especialidad, que son los sensores y los chips de radiofrecuencia, las empresas europeas siguen siendo competitivas.

Además, debemos destacar que la producción europea de semiconductores no está especializada en los segmentos más grandes del mundo de smartphones, ordenadores y otros dispositivos de consumo, puesto que estos tienden a utilizar chips de última generación a los que las productoras europeas no tienen acceso por el momento.

Por tanto, la industria europea de semiconductores ha tendido a focalizarse más en los chips dedicados para el sector automovilístico, debido a que los semiconductores usados en esta industria no tienen la necesidad de ser de la última tecnología, sino que se pueden usar chips de tecnologías no tan punteras, según ya hemos explicado anteriormente.

La innovación europea en materia de semiconductores se ha caracterizado durante mucho tiempo por una investigación básica, con unidades vinculadas a las universidades, y el dominio de grandes empresas de productos de consumo, pero siendo escasos los recursos económicos destinados para este fin.

Sin embargo, Europa tiene gran potencial en cuanto a la producción de sistemas de fotolitografía de la mano de la gigante holandesa *ASML* (*Advanced Semiconductor Materials Litography*).

La litografía consiste en la aplicación y exposición de la fotoresina para generar una capa sobre la oblea, según hemos explicado anteriormente.

Las máquinas utilizadas para el proceso litográfico se denominan escalonadores litográficos (*steppers*).

El potencial que tiene ASML es que se considera prácticamente *single sourcing* (productor único) a nivel global de este tipo de máquinas.

Estos *steppers* son usados por las diferentes *fabless* e *IDMs* a nivel global puesto que la exposición por etapas o litografía se trata de uno de los procesos claves en el enclave de producción de los semiconductores.

Con respecto a ASML cabe resaltar que fue fundada en 1984 e inicialmente competía de manera feroz con otras empresas de la escena litográfica como son Canon o Nikon.

Con el paso de los años, y en parte gracias a una gran visión de negocio e inversión por parte de sus diferentes dirigentes, se ha desbancado de sus competidores, posicionándose actualmente como la mayor empresa en este ámbito, con un valor de total de mercado de en torno a 329.000 millones de dólares (Diciembre 2021), y con un valor estimado para finales de 2022 de en torno a los 500.000 millones de dólares, lo que supone un crecimiento estimado de en torno al 60% para el presente año (Kleinhans & Baisakova, 2020).

El presidente de ASML, Peter Wennink, dijo que se espera que “las mega tendencias globales en la industria electrónica” junto con “un ecosistema altamente rentable y ferozmente innovador” continúen impulsando el crecimiento en todo el mercado de semiconductores.

Además, también agregó que el crecimiento en los mercados de semiconductores y la “creciente intensidad de la litografía” están impulsando la demanda de sus productos y servicios.

La compañía se beneficiará, ya que los fabricantes de chips invierten fuertemente en nuevas instalaciones y equipos como parte de un esfuerzo por satisfacer la creciente demanda.

TSMC, por ejemplo, se ha comprometido a gastar cien mil millones de dólares en los próximos tres años para expandir su capacidad y aliviar los cuellos de botella actuales.

Actualmente, debemos tener en cuenta que los principales productores de semiconductores del mundo tienen sus fábricas dotadas por completo de máquinas productivas provenientes de ASML, puesto que las ofrecidas por el resto de sus competidores como Canon o Nikon se encuentran varios niveles de tecnología por detrás.

Aquí es donde Europa puede apoyarse para tratar de resurgir de sus cenizas y poco a poco ir posicionándose en la vanguardia actual.

### 3.4.2. Problema asociado a la creación de nuevas factorías

Si las fábricas que tenemos, tanto a nivel europeo como mundial, no son capaces de asumir la demanda actual, debido a que, pese a sus esfuerzos, solo han conseguido incrementar la producción marginalmente, es evidente que es imprescindible construir más. El problema es que hacerlo requiere invertir mucho tiempo y mucho dinero.

Según Ignacio Mártil de la Plaza, catedrático de Electrónica en la Universidad Complutense de Madrid y un consumado experto en semiconductores y energía solar fotovoltaica, «una fábrica de chips de vanguardia tarda no menos de cuatro años en estar plenamente operativa para ser capaz de producir chips de vanguardia».

Esta bofetada de realidad refleja con contundencia que no tenemos margen para resolver esta crisis a corto plazo, y a medio plazo queda patente una elevada incertidumbre.

Además, la inversión que es necesario afrontar es enorme debido a que las instalaciones deben satisfacer unos requisitos muy exigentes. Las salas limpias en las que se fabrican los semiconductores deben incorporar unos sistemas de filtrado de aire capaces de retener partículas en suspensión ínfimas con el propósito de minimizar el nivel de contaminación y no dañar los chips.

Y los equipos fotolitográficos, producidos principalmente por ASML, que se utilizan para producir a partir de las obleas de silicio, son muy sofisticados y caros.

Es evidente que a corto plazo no se van a sumar más fábricas al plantel existente, a menos que lleven proyectadas ya varios años y su construcción haya comenzado antes de la crisis.

No obstante, esto no ha impedido a los países más industrializados del planeta comenzar a orquestar una estrategia para limitar su dependencia de la producción de circuitos integrados más allá de sus fronteras.

Estados Unidos, China y la Unión Europea han manifestado abiertamente su intención de poner en marcha nuevas fábricas de semiconductores con el propósito de incrementar su capacidad de producción de chips.

Pat Gelsinger, director general de Intel, vaticinó a finales del pasado mes de abril que la enorme inversión que es necesario realizar para poner en marcha nuevas fábricas de circuitos integrados y el tiempo que es preciso invertir en este proceso provocarán que el déficit de chips se prolongue durante dos años más, por lo que parece poco probable que el desequilibrio entre la oferta y la demanda que nos ha colocado en esta situación expire antes de 2023 (López, 2021).

En la actualidad, el coste de desarrollar una nueva instalación de fabricación que pueda competir con las empresas establecidas puede llegar a costar más de 10.000 millones de dólares.

Junto con las economías de escala de las que disfrutaban las fundiciones existentes, las barreras de entrada para nuevos competidores son, sin lugar a duda, muy latentes.

Esto también supone un incentivo añadido para que las empresas de semiconductores adopten un modelo de negocio sin fábricas o *fabless*, para explotar las ventajas comparativas de las fundiciones. Las empresas sin fábrica y las de fundición mantienen una relación simbiótica y su alianza estratégica se denomina modelo de fábrica-fundición.

### 3.5. Factores ecológico-naturales

---

En este apartado vamos a estudiar el impacto de los factores ecológicos y naturales en la cadena de suministro de semiconductores.

Debemos de tener en mente que el proceso global de producción incluye un gran número de factores, y que cualquier alteración inesperada puede llegar a poner en jaque el proceso en su conjunto.

*Iris Pang*, economista de ING, afirma que en su opinión hay 3 grandes riesgos que pueden llegar a poner en jaque la economía mundial:

El primero de ellos, explica Pang, es la escasez de agua, la cual se trata de uno de los recursos indispensables para el proceso de producción de chips, y Taiwán es un país que a menudo sufre ciertas sequías.

La fabricación de semiconductores requiere grandes volúmenes de agua ultrapura para evitar la contaminación de los dispositivos electrónicos. Una fábrica típica de semiconductores utiliza entre ocho y catorce millones de litros de agua ultrapura por día.

Por ahora, se ha estado priorizando el agua que necesitan las fábricas de semiconductores respecto a la agricultura y el problema no ha llegado a mayores, pero si las lluvias no llegan con fuerza, el proceso de fabricación de chips podría ralentizarse aún más de lo que ya está.

El segundo de los riesgos también está relacionado con el clima. Este año está siendo especialmente cálido en Taiwán, asegura Pang. Las elevadas temperaturas están generando picos muy elevados de consumo de electricidad que han desembocado en apagones.

El tercer riesgo es el coronavirus. Tras una gestión impecable de la pandemia cuando el resto de los países sufrían, Taiwán está ahora padeciendo un fuerte auge de casos y muertes que podría derivar en un confinamiento. Pang asegura que las restricciones dejarían en casa a parte de los estibadores y otro tipo de personal que trabaja en los puertos, poniendo en riesgo los envíos de chips semiconductores al resto del mundo. Esto ya lo hemos comentado durante el análisis de los factores sociales.

### 3.5.1. Recopilación de sucesos naturales que han tenido lugar en los últimos tiempos

El primero de los factores influyentes ha sido la escasez de *ABF (Ajinomoto Build-up Film)*, que es una materia prima necesaria durante el proceso productivo.

Esto es debido al incendio que afectó a una planta productiva del fabricante japonés *Nittobo* en Julio de 2020. Los proveedores de ABF trataron de aumentar la producción para los meses siguientes, pero con la alta demanda de semiconductores, se predijo que los atrasos y los plazos de entrega se extenderían hasta finales de 2021.

Otro de los hechos clave fue que en octubre de 2020 se produjo otro incendio en la planta de semiconductores de *Asahi Kasei Microdevices (AKM)* en Miyazaki, Japón, que dejó la fábrica gravemente dañada y fuera de servicio.

El fabricante de semiconductores comunicó a los clientes que debían cambiar a productos alternativos, y que trabajarían con un tercer fabricante hasta que la planta de AKM pudiera reabrir. El pánico se apoderó del mercado, lo que hizo que los precios se dispararan en los días siguientes al incendio. Los clientes se abastecieron de suministros en un intento de evitar más interrupciones en sus cadenas de suministro.

A su vez en febrero de 2021, la cadena de suministro de chips sufrió otra interrupción cuando en Texas se produjeron cortes de energía generalizados y apagones continuos causados por la tormenta de invierno *Uri*.

Los principales fabricantes, Samsung, NXP e Infineon, suspendieron las operaciones de sus plantas debido a la tormenta de Texas. El alcance de la interrupción dejó un retraso en la cadena de suministro, que siguió reflejándose en la producción de los siguientes trimestres.

También, los países de la ASEAN (*Association of Southeast Asian Nations*) tuvieron que hacer frente a grandes inundaciones, a la temporada de tifones, a las alertas por volcanes y al aumento de los casos de COVID, mientras que la demanda de componentes electrónicos seguía aumentando para diversas industrias como la del automóvil y la electrónica de consumo.

Los principales puertos cerraron como consecuencia de todas estas calamidades, y las fábricas funcionaron con una capacidad limitada por las precauciones impuestas por el gobierno, lo que se sumó a los ya ajustados retrasos en la producción y los envíos.

Por tanto, podemos afirmar que cualquier suceso, ya sea de carácter natural, social o geopolítico, que tenga lugar en alguno de los países clave en torno a los que gira el proceso de producción de semiconductores, va a influir de manera drástica creando un incremento mayor en los ya existentes desabastecimientos.

Esto es lo que explica, por ejemplo, que la sequía de Taiwán producida en 2021 que conllevó un racionamiento de los recursos hídricos por parte de la administración taiwanesa, pueda influir en el precio de un portátil que se vende en España.

## 3.6. Factores legales

---

En este apartado vamos a estudiar los factores legales que afectan al ámbito de las cadenas de suministro de semiconductores.

Debemos tener en mente que, al tratarse de una tecnología productiva más, el área de los chips está rodeada de una gran cantidad de patentes algunas reservadas, otras no, pertenecientes a los diferentes impulsores de las mismas.

### 3.6.1. Patentes

Los chips de memoria representan más de 53.000 patentes concedidas y más de 42.600 solicitudes, divididas en más de 31.200 familias de patentes distintas (LexisNexis, 2022).

Estados Unidos, Taiwán y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) son los países que más patentes de semiconductores han presentado: 43.432 en Estados Unidos, 5.961 de Taiwán y 4.799 de la OMPI (LexisNexis, 2022).

La mayoría de estas patentes se refieren a dispositivos semiconductores, alma, procesamiento eléctrico de datos digitales y dispositivos eléctricos de estado sólido. *Macronix*, *Micron Technology* y *Advanced Micro Devices (AMD)* son las empresas que más patentes han presentado en estas áreas.

Todas estas empresas, en sus factorías, hacen uso del modelo de negocio de las *fables*, y por tanto se focalizan en la etapa productiva del diseño de los semiconductores. De aquí que el número de patentes en esta área sea tan elevado, debido a que se trata de un campo en el que se utiliza una tecnología disruptiva y en constante cambio de la mano de la cantidad de recursos dedicados para la investigación y el desarrollo.

En la industria de los semiconductores, se concede aproximadamente una patente por cada 0,804 solicitudes (una relación de 1,245 entre concesiones y solicitudes) (LexisNexis, 2022).

La industria mundial ha experimentado cambios radicales en los últimos años, incluida la consolidación a gran escala espoleada por los avances tecnológicos y las presiones económicas. Sin embargo, está claro que las patentes de semiconductores y tecnologías relacionadas seguirán siendo rentables.

Vincular la innovación a la actividad de las patentes no siempre es el mejor enfoque. Esto significa que las empresas que poseen más patentes no son necesariamente las más innovadoras, y las empresas más creativas no tienen necesariamente el mejor rendimiento en bolsa.

Por ejemplo, aunque Intel se considera desde hace tiempo el líder del sector en innovación, el precio de sus acciones ha caído un 1,3% desde el año pasado, mientras que las acciones de *Micron* han caído casi un 23% en el mismo periodo. Las empresas que ocupan una posición más baja en el cuadro de mando suelen mostrar un rendimiento bursátil estelar en el mismo periodo de tiempo (LexisNexis, 2022).

### 3.6.2. *Semiconductor Industry Association (SIA)*

Se trata de una asociación cuya función es la de dar soporte a la protección de la propiedad intelectual por medio de las patentes.

En esta asociación defienden que el éxito de la industria recae, en cierta medida, en un sólido sistema de patentes alineado con una protección diligente por parte de los diferentes organismos gubernamentales de los secretos comerciales.

Los miembros de la SIA dedican alrededor del 20% de su capital a R&D (*research and development*). Gran parte de esta inversión se dedica a sus patentes, llegando a elaborar un programa de lucha contra la falsificación.

Además, están preocupados por los elevados costes relativos a la protección de las patentes sobre semiconductores, que en muchas ocasiones resultan ser extremadamente abusivos.

Este hecho acaba repercutiendo involuntariamente a la investigación y desarrollo, debido a que la cantidad de fondos destinados se focaliza en extremos en muchas ocasiones en torno a los gastos legales.



# CAPÍTULO 4: MATRIZ DAFO DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO DE SEMICONDUCTORES

## 4.1. Introducción

---

Las iniciales DAFO hacen referencia a Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades.

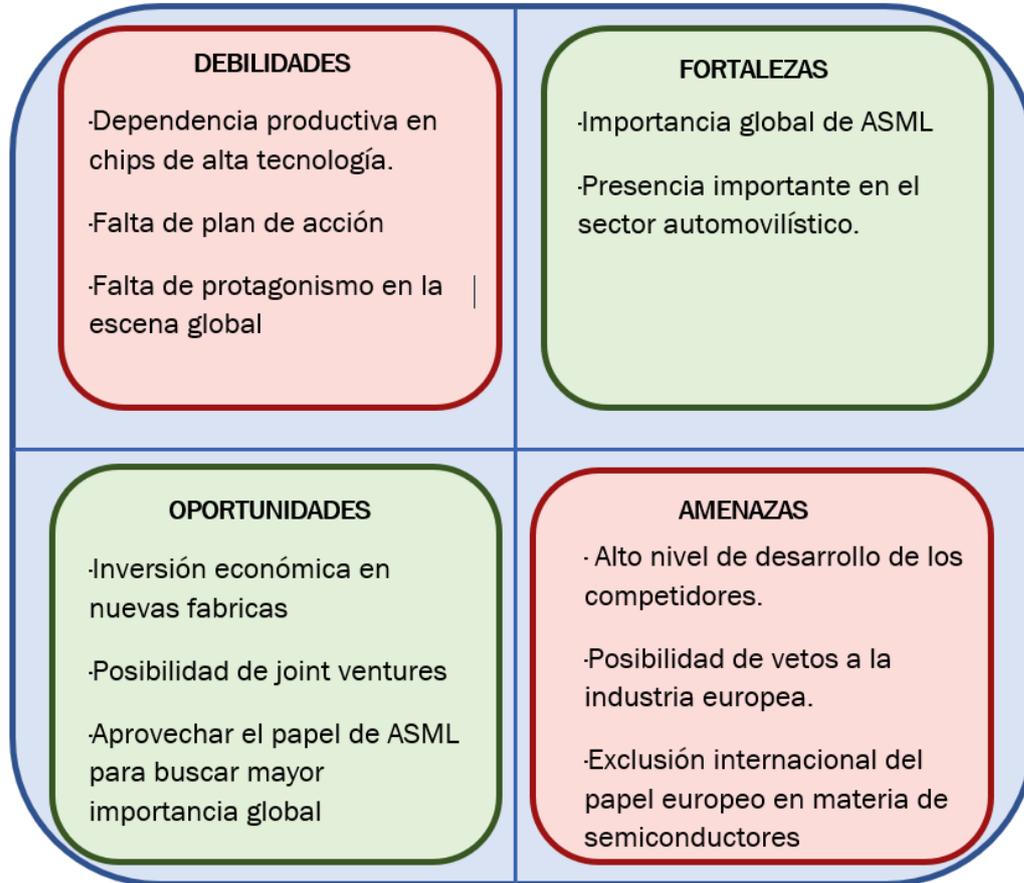
Se trata de una herramienta, en forma de matriz, que nos va a ofrecer una visión global del estado de las cadenas de suministro de semiconductores y que nos va dar una ayuda en la toma de decisiones.

El análisis de las fortalezas y debilidades corresponde a una análisis inherente a la empresa y a sus efectos sobre ella.

El análisis de las oportunidades y amenazas corresponde a un análisis de los factores externos a la empresa y a sus efectos sobre esta.

## 4. 2. Matriz.

---



### 4.2.1. Debilidades

**-Dependencia productiva:** como hemos venido comentando a lo largo de todo este trabajo de investigación, la producción de chips en Europa depende en gran parte de las importaciones que nuestro continente hace de otros protagonistas de la escena, entre los que sin duda destaca Taiwán.

La tecnología instaurada tanto en las *foundries* como en las *IDMs* europeas permite la fabricación de nodos de en torno a los 12nm tamaño límite, y ocasiones muy concretas.

Esto quiere decir que, en el ámbito de la fabricación de chips para industrias que no requieren de semiconductores de la más avanzada tecnología la importancia que tienen los países de la escena sobre Europa no es tan grande.

Sin embargo, cuando a las más últimas tecnologías se refiere como puede ser el caso de ordenadores o teléfonos móviles, la importancia de los países protagonistas sobre el continente occidental es total, debido a la falta de medios productivos de avanzada tecnología en nuestro continente.

**-Falta de plan de acción:** si bien es verdad que en los últimos tiempos la comisión europea ha abierto los ojos a cerca del inmenso problema asociado a las cadenas de suministro de semiconductores, y puesto sobre la mesa algún plan de acción que poco a poco se empieza a llevar a cabo, históricamente Europa ha carecido de algún tipo de plan de respuesta.

Este plan de respuesta que históricamente ha brillado por su ausencia ha provocado que debido a la inacción europea nos encontremos en la situación actual, de la que poco a poco y mediante un plan de acción comenzaremos a superar.

**-Falta de protagonismo en la escena global:** como ya hemos venido explicando a lo largo de todo este trabajo, Europa carece de los medios necesarios para convertirse en uno de los pilares fundamentales sobre los que se apoyan las cadenas de suministro de semiconductores a nivel global.

Esta falta de protagonismo ha provocado que nuestro continente se encuentre a la vanguardia y a la espera de lo que ocurra fuera del continente.

### 4.2.2. Amenazas

**-Alto nivel de desarrollo de los competidores:** en comparación con el resto de los protagonistas de la escena.

Actualmente Europa no cuenta con los medios productivos necesarios para alcanzar las tecnologías productivas de las que están haciendo uso otros países como Taiwán.

Las nuevas fábricas que se vayan a construir en Europa, con fecha de fin planificada dentro de 5 años, contarán con una tecnología productiva igual a la existente a día de hoy en las fábricas asiáticas. Y las actuales fábricas de países como Taiwán dentro de 5 años contarán con una tecnología muy superior a la que tienen en la actualidad.

Con esto se quiere expresar la gran brecha tecnológica existente entre los protagonistas de la escena y el continente europeo que, sin duda, será uno de los problemas que se han de resolver en el futuro próximo.

**-Posibilidad de vetos a la industria de semiconductores europea:** ejercidos por los países que tienen el derecho sobre las diferentes patentes y propiedades intelectuales.

Si los demás países de la escena -entre los que destaca Estados Unidos debido a su gran inversión en investigación y desarrollo y al gran número de propiedades intelectuales que posee- ven que la industria europea en materia de semiconductores va desarrollándose exponencialmente rápido, como está siendo el caso actual de China, no dudarían en imponer vetos y sanciones que trataran de minimizar este potencial desarrollo.

De esta manera, Europa debe buscar la manera de tratar de evitar al máximo estas sanciones y vetos que, sin lugar a duda, ralentizarían su crecimiento.

**-Exclusión internacional del papel europeo en materia de semiconductores:** ejercida por parte de los países protagonistas de la escena global.

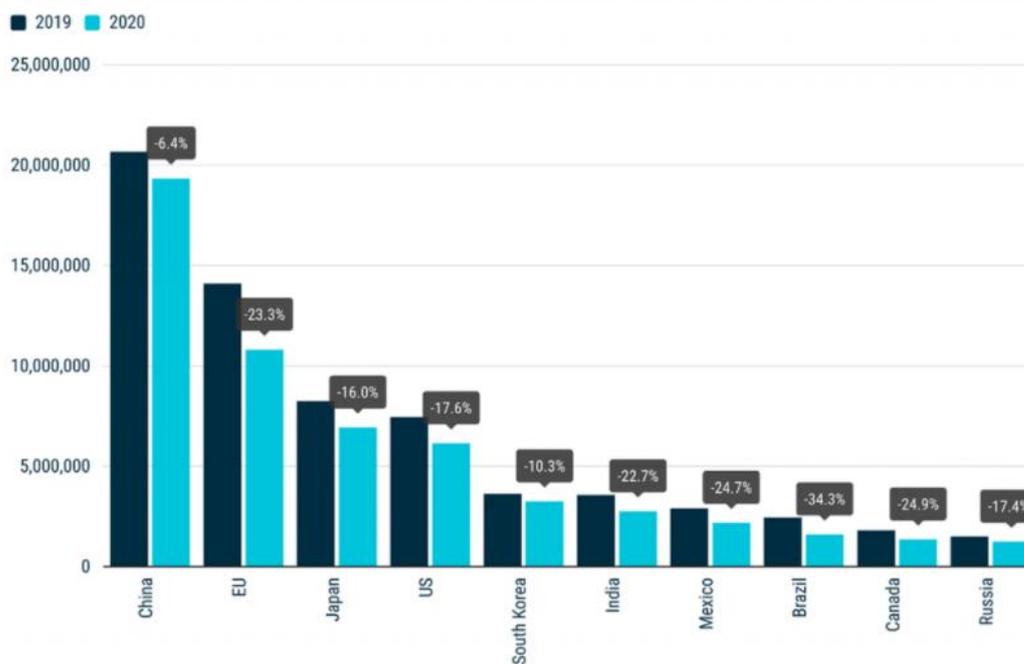
Ligado al punto anterior, si Europa algún día comienza a expandir exponencialmente su desarrollo en el campo de semiconductores, el resto de los países tratarán de parar este desarrollo de cualquier manera lícita que esté en su mano.

Entre algunos de los factores en los que Europa se podría ver perjudicada y excluida de la escena pueden ser: el veto al suministro de materias primas, el veto de empresas extranjeras a instalar fábricas en nuestro continente, etc.

### 4.2.3. Fortalezas

-**Importancia global de ASML:** explicado en el apartado 3.4.1.

-**Presencia europea en el sector automovilístico:** en la ilustración que se adjunta a continuación, podemos observar la cuota de mercado europea en cuanto a producción global de automóviles durante los años 2019 y 2020.



Gráfica 17. Cuota de mercado global en la producción de automóviles (European Automobile Manufacturers Association, 2022).

Este hecho es relevante en cuanto a las cadenas de suministro de semiconductores ya que la cantidad de chips que lleva un coche puede ascender hasta las más de 100 unidades.

Esta gran presencia europea en el sector automovilístico potencia el consumo de semiconductores que, al tratarse de un automóvil, no tienen por qué ser de última generación y, por tanto, pueden ser tanto fabricados como consumidos por empresas europeas.

#### 4.2.4. Oportunidades

**-Inversión en nuevas fábricas:** que se instauren en Europa y sean capaces de satisfacer la demanda de , al menos, las empresas del continente occidental.

A lo largo de todo el trabajo hemos comentado las dificultades, sobre todo económicas, asociadas a la creación de nuevas factorías.

Sin embargo, si se reúnen los requisitos económicos suficientes esta opción se puede convertir en una de las opciones viables para que las cadenas de suministro de semiconductores europeas se posicionen en la escena global.

O incluso se pueden llegar a hacer acuerdos con empresas extranjeras como pueden ser TSMC o Samsung para que, en base a una serie de ventajas ofrecidas por los países europeos, sean convencidas de instaurar alguna de sus fábricas en suelo europeo.

**-Posibilidad de joint-ventures:** entre las empresas europeas , tanto de manufactura como de diseño de semiconductores, más potentes del continente.

Los joint ventures se tratan de alianzas estratégicas entre diferentes empresas, en la que cada una de ellas mantiene su individualidad e independencia jurídica pero todas ellas se rigen bajo una misma dirección y normas, con el fin de llevar a cabo una acción industrial o comercial determinada.

En este tipo de alianzas se distribuye de manera determinada el control, responsabilidades, riesgos y beneficios. En el fondo es como si se tratara de una inversión conjunta en busca de un fin común.

Un pacto de este tipo, sin lugar a duda, beneficiaría en todos los niveles al continente europeo lo que se traduciría en un incremento de la importancia del continente europeo en torno a las cadenas de suministro de semiconductores a nivel global.

**-Aprovechar el papel de ASML para buscar mayor importancia global:** teniendo en mente el objetivo de tratar de conferir a Europa una relevancia en el ámbito de las cadenas de suministro de semiconductores de la que actualmente carece.

Según hemos explicado en el apartado 3.4.1 la importancia de ASML a nivel global es inmensa, al tratarse prácticamente una proveedora *single-sourcing* a nivel global de máquinas litográficas.

Una opción sería el usar esta hegemonía litográfica para a través de ella tratar de conseguir otros tratos que puedan implicar mayor inversión económica en materia de semiconductores en Europa.



# CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE POSIBLES ESCENARIOS Y ACCIONES EN TORNO A LAS CADENAS DE SUMINISTRO DE SEMICONDUCTORES EUROPEAS

## 5. 1. Introducción

---

A lo largo de este apartado realizaremos un estudio exhaustivo de diferentes posibles escenarios a aplicar dentro del ámbito europeo de las cadenas de suministro de semiconductores.

Dentro de este análisis estudiaremos en profundidad los diferentes escenarios propuestos, su trasfondo, sus ventajas, sus inconvenientes y su trascendencia entre otros factores.

Daremos una opinión, fundada y apoyada en todos los factores recogidos a lo largo de este Trabajo Fin de Grado de por qué, o por qué no, son recomendables de aplicar los escenarios estudiados, siempre desde un punto de vista de apoyo a la postura defendida a lo largo de este trabajo de desarrollo.

Y finalmente realizaremos una comparativa de los diferentes escenarios propuestos analizando una serie de características e indicando comparativamente qué escenarios son mejores a otros en ciertos aspectos objetivos.

## 5. 2. Escenario 1 : Aplicación del ‘EU Chips Act’

---

### 5.2.1. ¿De qué se trata?

La ley Europea de Chips se trata de un conjunto de medidas que han sido propuestas por la Unión Europea con el fin de aumentar la competitividad y presencia global de nuestro continente en lo que a materia global de semiconductores se refiere.

Se destinarán alrededor de 43.000 millones de euros a inversiones, tanto públicas como destinadas a entidades privadas. Además, se establecerán una serie de medidas en vista a estar anticipados a futuras disrupciones y poder dar una respuesta que esté a la altura de la situación, salvando así cualquier tipo de cuello de botella.

### 5.2.2. ¿Qué medidas propone y qué objetivos tiene?

En cuanto a las medidas que propone debemos destacar las siguientes:

- Inversión destinada mayoritariamente a tecnologías de última generación.
- Apoyar económicamente a las PYMES durante su expansión y desarrollo.
- Dotar a todos los países de la Unión Europea de las herramientas necesarias para la creación, ensayo y experimentación con semiconductores.
- Certificación de que los chips producidos en suelo europeo son viables energéticamente y garantizan una calidad y una seguridad de acuerdo con la normativa vigente.
- Crear un plan de acción aplicado a la educación y con vistas de formar a todos los ciudadanos con unos conceptos básicos de microelectrónica.

Por otro lado, en cuanto a los objetivos que tiene este plan de acción europeo debemos destacar:

-Aumentar la cuota de mercado global en materia de producción de semiconductores al 20% para el año 2030, actualmente es de aproximadamente el 7% (European Commission, 2020).

-Reforzar la posición europea en las 3 áreas asociadas al proceso global de producción de semiconductores: diseño, fabricación y ensamblaje.

-Atraer a nuevos talentos hacia el campo de la microelectrónica generando así una mano de obra cualificada.

Como resumen de lo que propone el *EU Chips Act* podemos hacer referencia a las declaraciones realizadas por Thierry Breton, comisario de la UE: "Sin chips, no hay transición digital, ni ecológica, ni liderazgo tecnológico. Asegurar el suministro en los chips más avanzados se ha convertido en una prioridad económica y geopolítica. Los objetivos del plan son elevados: duplicar nuestra cuota de mercado mundial para 2030 hasta el 20%, y producir los semiconductores más sofisticados y energéticamente eficientes de Europa. Con la Ley de chips de la UE reforzaremos nuestra excelencia en investigación y ayudaremos a pasar del laboratorio a la fábrica. Se está movilizando una considerable financiación pública que ya está atrayendo de su mano a inversores privados. Se está poniendo todo en marcha para asegurar toda la cadena de suministro y evitar futuros golpes a nuestra economía como el que estamos viendo con la actual escasez de suministro de chips. Invirtiendo en los mercados punteros del futuro y reequilibrando las cadenas de suministro mundiales, permitiremos que la industria europea siga siendo competitiva, genere puestos de trabajo de calidad y atienda la creciente demanda mundial" (Comisión Europea, 2022).

Gráficamente, y colocándonos en un horizonte temporal se pretende alcanzar el siguiente estado:



Figura 13. Horizonte temporal de las medidas a tomar (Comisión Europea, 2022).

### 5.2.3. Ventajas

En cuanto a las ventajas más reseñables de este escenario propuesto debemos destacar:

- En el corto plazo aumentará la resiliencia de las cadenas de suministro europeas ante futuras crisis y disrupciones.
- En el medio plazo tratará de hacer de Europa una industria puntera y sobre todo independiente del resto del mundo en materia de semiconductores.
- En el largo plazo, si hoy en los próximos años comenzamos a impartir en todos los niveles educación en cuanto a microelectrónica se refiere, de cara al futuro Europa contará con grandes mentes dedicados a este ámbito que sin duda potenciarán el desempeño europeo del momento.
- Europa cuenta con gran parte de los materiales y equipos necesarios para desarrollar el proceso productivo de fabricación de semiconductores y debería potenciarse en este sentido de la mano del monopolio con el que cuenta actualmente la holandesa ASML.

### 5.2.4. Desventajas

En cuanto a las desventajas más reseñables de este escenario propuesto debemos destacar:

- Alto poder de la competencia: a nivel global ya existen fabricantes de semiconductores de gran calibre que cuentan con un alto porcentaje de la cuota de mercado. Será difícil para Europa a medio plazo atraer clientes propios que decidan invertir sus recursos económicos en chips europeos.
- Dificultad por alcanzar chips de vanguardia: cuando a medio plazo se instauren las primeras fábricas de chips en suelo europeo que alcancen a producir lo que ahora se consideran chips de vanguardia (3nm-5nm), en el resto del mundo empresas como TSMC habrán alcanzado tecnologías incluso más punteras superando a las que en ese momento se estén fabricando en Europa. Es por ello que uno de los grandes problemas que tenemos es el alcanzar un nivel de desarrollo tal que nos permita ponernos a la altura de las tecnologías que están siendo usadas en dicho momento por nuestros competidores.
- Posibilidad de vetos a la industria de semiconductores europea: ya explicado durante el apartado 4.2.2.

### 5.2.5. Conclusión

Este escenario se basa fundamentalmente en la construcción de un ecosistema europeo de semiconductores independiente del resto del mundo. Con independiente se quiere hacer referencia a que es construido desde los cimientos hasta la cima con tecnología y medios desarrollados puramente en Europa.

Este hito se pretende lograr enmarcado dentro de un horizonte temporal que lleva hasta el año 2030, lo cual es bastante optimista por la UE.

Para su consecución los organismo europeos pretenden destinar una serie de recursos económicos para la potenciación de empresas tanto del sector público como privado con el fin de que estas sean el instrumento mediante el cual la Unión Europea logre su objetivo de competir en la escena con el resto de protagonista mundiales en materia de semiconductores.

## 5. 3. Escenario 2 : Atracción de las principales industrias de producción de semiconductores para instaurar alguna de sus factorías en suelo europeo

---

### 5.3.1. Introducción

Actualmente la apertura de nuevas factorías de vanguardia construidas desde 0 y por empresas europeas que no cuentan con las últimas tecnologías de mercado lleva asociado un coste muy elevado, en muchas ocasiones superior a los 20.000.000.000 millones de dólares. (Duchâtel, 2021).

Aparte de estos costes asociados debemos tener en cuenta el tiempo asociado que llevaría primeramente desarrollar la tecnología puramente europea necesaria para el desarrollo de los diferentes procesos productivos, y en segundo lugar el tiempo físico que se tardaría en fabricar las instalaciones, hacer pruebas de testeo de la infraestructura y comenzar a producir de manera estándar y sin fallos asociados.

Es por ello que en este segundo escenario vamos a proponer que los destinos económicos aportados por la UE en vez de ir destinados a la construcción desde 0 de las cadenas de suministro de microchips y todo lo que llevan asociado, sean destinados a la atracción de empresas ya existentes en el sector como pueden ser TSMC o Samsung para que abran nuevas factorías de su propiedad en suelo europeo.

### 5.3.2. Bases estratégicas

En cuanto a las medidas que se quieren lograr mediante la implantación de este segundo escenario debemos destacar:

- Apertura de nuevas factorías *foundries* de vanguardia propiedad de empresas asiáticas punteras del sector como por ejemplo pueden ser TSMC o Samsung.
- Alianza con alguna de las principales *fabless* norteamericanas en vista a poder hacer uso de su propiedad intelectual y patentes en el ámbito del diseño de semiconductores.
- Centralización de este modelo de negocio en suelo europeo en vista a suplir la existente demanda europea en materia de semiconductores.

-Contar con una fuente de abastecimiento dedicada exclusivamente a consumo de semiconductores por parte de industrias europeas. Este consumo sería mayoritariamente destinado al sector del automóvil al ser el más puntero en Europa actualmente. Sin embargo, al contar estas nuevas fábricas con las últimas tecnologías también tendríamos acceso a los chips de última generación en vista a utilizarlos en otros sectores que realmente los requieren como pueden ser el sector militar o el sector de la informática y telefonía, en los cuales lo que busca el consumidor es contar con la tecnología más puntera posible.

### 5.3.3. Medidas para atraer a empresas extranjeras

Debemos tener en cuenta que ninguna empresa abriría una nueva factoría en suelo diferente a su país motu proprio, sin contar con una serie de incentivos o de intereses que le empujen a ello.

Entre los intereses que *foundries* asiáticas pueden tener para abrir nuevas fábricas en suelo europeo serían:

-Contrarrestar las medidas comerciales impuestas por las administraciones americanas a empresas asiáticas. De esta manera, al abrir nuevas factorías en suelo europeo podrían aprovechar para sortear alguno de los vetos impuestos por EE. UU. en materia de exportación de semiconductores. Debemos recordar que actualmente EE. UU. no cuenta con ningún tipo de veto a empresas que tengan su domicilio fiscal en suelo europeo.

-Aprovechar la posición geopolítica de Europa. Si hablamos de localización debemos tener en cuenta que la posición que tiene Europa en función de su localización es privilegiada cuanto menos. Por un lado, está muy cerca de África que se trata de un continente que cuenta con una gran fuente de alimentación de recursos naturales y minerales, muchos de los cuales son utilizados en el proceso de fabricación de chips. Por otro lado, cuenta con países importantes en la escena geopolítica actual como pueden ser Alemania, Francia, y Reino Unido que pese a no pertenecer a la UE sigue formando parte del continente europeo.

-Expansión de sus horizontes hacia nuevos mercados y nichos sin explotar. Una de las grandes oportunidades para las empresas asiáticas puede ser la de explotar mercados europeos que están en auge pero que todavía no han logrado su explosión. Un ejemplo de esto puede ser potenciar y dar un giro tecnológico y una revolución el sector del automóvil de la mano de los coches eléctricos, y sirviendo de este modo como posible competencia a la gigante americana Tesla o a la empresa china Nio.

Por otro lado, Europa tiene que pensar en los incentivos que debe ofrecer a estas empresas extranjeras para que finalmente tomen la decisión de instaurarse en territorio europeo.

Algunos de los incentivos más llamativos que puede ofrecer son:

-Ventajas fiscales asociadas al pago de impuestos. Esto permitiría a las empresas extranjeras estar exentas en el pago de ciertas tasas asociadas a este sector, mientras que en sus países de origen o en otras localizaciones donde tienen instauradas sus fábricas se ven obligadas a pagar mayor cantidad de recursos económicos en materia de impuestos.

-Terrenos de propiedad estatal en los que estas empresas puedan instalar sus fábricas. La ventaja de estos terrenos es que muchos de ellos pueden ser cedidos en localizaciones que cuenten con un acceso cercano a recursos hídricos, los cuales son muy importantes en el proceso de producción de obleas de silicio.

-Acuerdos en materia de cooperación con la gigante holandesa ASML. Este tipo de acuerdos pueden fundamentarse en ofrecer a estas empresas la instauración en las nuevas fábricas de equipos de litografía propiedad de ASML a precio reducido con respecto a la competencia. Estos *stepper* son unas máquinas con un coste asociado bastante elevado. En cambio, si se les ofrece la venta de estas máquinas a precios más reducidos que con respecto a la competencia esto permitiría a las empresas el ahorrar costes asociados a la instauración de maquinaria necesaria en las nuevas factorías.

### 5.3.4. Ventajas

En cuanto a las ventajas más reseñables de este escenario propuesto debemos destacar:

-El tiempo asociado a contar con una factoría de producción de semiconductores que satisfaga la demanda europea se vería muy reducido en comparación con la opción de que Europa desarrolle todo el proceso desde cero.

-El desembolso económico asociado sería elevado, pero siempre menor que el realizado desarrollando todo el proceso desde cero.

-Europa vería reducido al mínimo su nivel de importaciones en materia de semiconductores al contar con una fuente de alimentación dedicada a la demanda europea de microchips. Al reducirse las importaciones se gastarían menos recursos económicos asociados al pago de aranceles de importación.

-Potenciación del sector automovilístico. Durante los últimos años ha sido uno de los sectores más afectados por la escasez de semiconductores, lo que en varias ocasiones ha obligado a gigantes del sector a parar sus líneas productivas debido a no tener suficientes componentes electrónicos para fabricar automóviles de manera asidua. La instauración de nuevas factorías incrementaría la oferta de microchips y por tanto estas empresas se verían beneficiadas.

-Oferta de nodos de última tecnología: al instaurarse nuevas factorías propiedad de empresas ya punteras en el sector, Europa podría contar con nodos de última generación que le permitiesen potenciarse en diferentes ámbitos en los que estos son requeridos, como puede ser tanto el sector militar como el sector de la informática y la telefonía.

### 5.3.4. Desventajas

En cuanto a las desventajas más reseñables de este escenario propuesto debemos destacar:

-Europa seguiría siendo esclava de las decisiones tomadas por el resto de protagonistas de la escena. Independientemente de que estas fábricas sean instaladas bajo territorio europeo y tengan su domicilio fiscal en nuestro continente, la dirección de las mismas seguiría siendo potestad de las empresa asiáticas y serían estas las encargadas de la toma de decisiones asociadas a la producción o cierre de las factorías.

-Adopción, por parte de las empresas asiáticas, de las medidas europeas existentes en materia de contaminación y derechos fundamentales para el trabajador. Este hecho puede llegar a constituir un grave problema puesto que actualmente la legalidad de los países asiáticos en las que hasta ahora estas fábricas están instaladas no es tan restrictiva en materia de contaminación como lo es la europea. Del mismo modo, el precio de la mano de obra y las condiciones de trabajo asociadas en suelo asiático son incompatibles con los derechos humanos defendidos por la Unión Europea.

-Dificultad de negociación. La UE tendría que plantear un plan de acción con unos incentivos que resulten del agrado de estas empresas asiáticas, lo cual no sería una tarea sencilla, ya que hasta el momento empresas como TSMC o Samsung se encuentran demasiado cómodas dentro de su zona de confort.

### 5.3.5. Conclusión

Este escenario se basa fundamentalmente en la atracción de empresas ya predominantes en el sector con el fin de lograr convencerlas de cara a la apertura de nuevas fábricas de su propiedad en suelo europeo.

Para su consecución, la Unión Europea debe plantear a estas empresas extranjeras una serie de ventajas en ciertos ámbitos económicos y legislativos que mejoren las condiciones con las que cuentan actualmente en sus países de origen.

Si esto se consigue Europa lograría contar con una fuente de abastecimiento de semiconductores que sería capaz de cubrir toda la demanda existente en los sectores ya predominantes en nuestro continente, como lo es el sector automovilístico. De igual manera, al tratarse de fábricas que utilizan tecnologías de última generación, Europa trataría de conseguir cierta hegemonía en sectores en los que hasta el momento carecía de importancia como pueden ser el sector militar, el de la inteligencia artificial, y el de la informática y telefonía, los cuales requieren de nodos microelectrónicos de última generación.

## 5. 4. Escenario 3 : Dependencia total europea de otros países. Importación de la mayor parte de semiconductores

---

### 5.4.1. Explicación del escenario

Este 3º escenario pretende hacer referencia a continuar con la misma estrategia que Europa ha estado llevando a cabo hasta el momento.

Y es la de prescindir de ningún tipo de plan de acción asociado al ámbito de los semiconductores, sino que, por el contrario, lo que se plantea en esta situación es seguir teniendo gran dependencia de las importaciones de semiconductores por parte de países asiáticos mayormente al igual que también de alguna importación proveniente de EE. UU.

De este modo, Europa se quedaría del mismo modo que actualmente, es decir, sin ser capaz de producir de manera independiente ningún nodo de última tecnología, y siendo únicamente capaz de producir cierta cantidad, que no llega en ningún caso a paliar la demanda existente, de nodos menos punteros, como son los usados en el sector automovilístico, el cual es el predominante en nuestra región.

### 5.4.2. Ventajas

En cuanto a las ventajas más reseñables de este escenario propuesto debemos destacar.

-El desembolso de recursos económicos, en una época de profunda crisis e inestabilidad económica como en la que estamos inmersos, no es tan elevado como en el resto de escenarios. Únicamente habría que realizar cierto desembolso económico de cara a destinar ciertas ayudas a las empresas consumidoras de semiconductores para que les sea más viable ,económicamente hablando, la realización de las importaciones que necesitan para mantener su producción.

-Conseguiríamos estar aislados de las tensiones internacionales y de la guerra comercial y productiva existente hoy en día entre China y Estados Unidos. De este modo, la Unión Europea no se tendría que posicionar de parte de ningún bando y podría permanecer neutral ante el conflicto, al mismo tiempo que realizaría importaciones de semiconductores provenientes de ambos lados del conflicto geopolítico.

### 5.4.3. Desventajas

En cuanto a las desventajas más reseñables de este escenario propuesto debemos destacar las ya explicadas durante las debilidades del análisis DAFO.

**-Dependencia productiva:** según hemos venido comentando a lo largo de todo este trabajo de investigación, la producción de chips en Europa depende en gran parte de las importaciones que nuestro continente hace de otros protagonistas de la escena, entre los que sin duda destaca Taiwán.

La tecnología instaurada tanto en las *foundries* como en las *IDMs* europeas permite la fabricación de nodos de en torno a los 12nm tamaño límite, y ocasiones muy concretas.

Esto quiere decir que, en el ámbito de la fabricación de chips para industrias que no requieren de semiconductores de la más avanzada tecnología la importancia que tienen los países de la escena sobre Europa no es tan grande.

Sin embargo, cuando a las más últimas tecnologías se refiere como puede ser el caso de ordenadores o teléfonos móviles, la importancia de los países protagonistas sobre el continente occidental es total, debido a la falta de medios productivos de avanzada tecnología en nuestro continente.

**-Falta de protagonismo en la escena global:** como ya hemos venido explicando a lo largo de todo este trabajo Europa carece de los medios necesarios para convertirse en uno de los pilares fundamentales sobre los que se apoyan las cadenas de suministro de semiconductores a nivel global.

Esta falta de protagonismo ha provocado que siempre nuestro continente se encuentre rezagado a la espera de lo que ocurre paredes a fuera.

#### 5.4.4. Conclusión

La consecución de este escenario pasa por que Europa se mantenga ausente de la situación actual en materia de semiconductores y no se adopte ningún tipo de medida asociada.

La cuota de mercado europea seguiría siendo la misma, los problemas asociados a demanda no cubierta seguirían siendo los mismos y los recursos económicos destinados también seguirían siendo los mismos.

En definitiva, este escenario pretende recrear la situación actual para de cara al próximo apartado compararlo con los otros dos escenarios que han sido propuestos.

## 5. 5. Comparativa de escenarios propuestos

---

### 5.5.1. Introducción

A lo largo de este apartado realizaremos un estudio comparativo de los escenarios propuestos en base a una serie de características previamente definidas.

Este estudio comparativo se realizará gráficamente asignando a cada escenario, para cada una de las características comparadas, uno de los siguientes valores en función del grado de cumplimiento dentro del ranking de la característica estudiada:

-Valoración alta: se asignará al escenario que mejor cumpla la característica comparada.

-Valoración media: se asignará al 2º escenario que mejor cumpla la característica comparada.

-Valoración baja: se asignará al escenario que peor cumpla la característica comparada.

El objeto de esta comparativa es que sirva de guía a las instituciones europeas en la toma de decisiones acerca de qué medidas aplicar para revertir la situación actual en lo que a las cadenas de suministro de semiconductores se refiere.

### 5.5.2. Características objeto de estudio

Los aspectos que van a ser estudiados son los siguientes:

**-Característica [1]:** Desembolso económico a corto plazo: siendo esta una característica inversamente proporcional, es decir, cuanto menor sea el desembolso económico más alta será la valoración.

**-Característica [2]:** Grado de especialización en Investigación y Desarrollo: siendo esta una característica directamente proporcional, es decir, cuanto mayor sea el grado de especialización más alta será la valoración

**-Característica [3]:** Importancia europea en la escena global de los semiconductores: siendo esta una característica directamente proporcional, es decir, cuanto mayor sea la importancia europea, más alta será la valoración.

**-Característica [4]:** Dependencia europea de la producción de microchips extranjera (número de importaciones realizadas): siendo esta una característica inversamente proporcional, es decir, cuanto menor sea la dependencia europea más alta será la valoración.

**-Característica [5]:** Cuota de mercado europea en la producción de semiconductores: siendo esta una característica directamente proporcional, es decir, cuanto mayor sea la cuota de mercado europea más alta será la valoración.

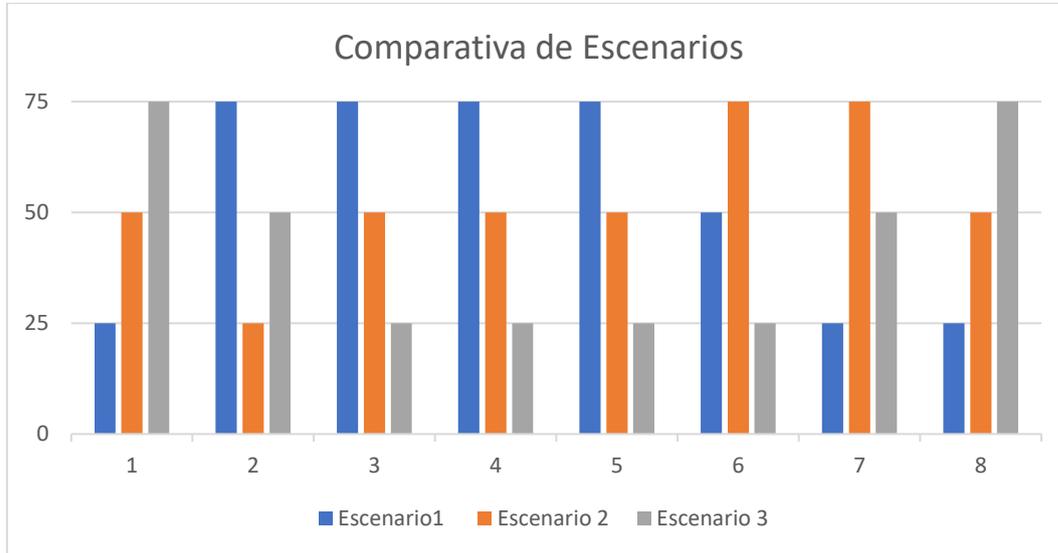
**-Característica [6]:** Tecnología de vanguardia de los chips fabricados: siendo esta una característica directamente proporcional, es decir, cuanto mayor sea el grado de la tecnología utilizada más alta será la valoración.

**-Característica [7]:** Grado de cooperación con países externos a la Unión Europea: siendo esto una característica directamente proporcional, es decir, cuanto mayor sea el grado de cooperación con países extranjeros más alta será la valoración.

**-Característica [8]:** Implicación europea en las tensiones o guerras comerciales internacionales existentes: siendo esto una característica inversamente proporcional, es decir, cuanto menor sea la implicación europea más alta será la valoración.

### 5.5.3. Estudio comparativo

A continuación, podemos observar los resultados de este estudio comparativo en forma de gráfica:



Gráfica 18. Comparación de escenarios propuestos (Elaboración propia).

### 5.5.4. Interpretación de resultados

Podemos observar que:

-Escenario 1: domina en 4 de las 8 características propuestas que son:

- [2] - Grado de especialización en Investigación y Desarrollo
- [3] - Importancia europea en la escena global de los semiconductores.
- [4] - Dependencia europea de la producción de microchips extranjera (número de importaciones realizadas).
- [5] - Cuota de mercado europea en la producción de semiconductores

A modo de conclusión acerca de este 1º Escenario es de destacar que a priori parece la solución más razonable avalada por este estudio comparativo. Sin embargo, debemos tener en cuenta que para lograr el desarrollo completo y la posterior aplicación del Escenario 1 deben pasar bastantes años, por tanto, podemos decir que se trataría del mejor escenario para Europa con vistas al largo plazo.

-Escenario 2: domina en 2 de las 8 características propuestas que son:

-[6] - Tecnología de vanguardia de los chips fabricados.

-[7] - Grado de cooperación con países externos a la Unión Europea.

A modo de conclusión de este 2º Escenario debemos destacar que, aunque solo lidera 2 de las características estudiadas, una de ellas estudia el grado de tecnología utilizado en la fabricación que se trata de una característica bastante importante puesto que estamos en un mundo completamente gobernado por una tecnología que no para de avanzar.

Además, debemos tener en cuenta que para alcanzar este escenario no necesitaríamos tener una vista enfocada al largo plazo como pasa con el Escenario 1, sino que en un medio plazo Europa podría contar con cierta importancia en materia de semiconductores. Este Escenario 2 sería el más beneficioso para Europa con vistas al medio plazo.

-Escenario 3: domina en 2 de las 8 características propuestas que son:

-[1] - Desembolso económico a corto plazo.

-[8] - Implicación europea en las tensiones o guerras comerciales internacionales existentes.

A modo de conclusión de este 3º Escenario debemos destacar que únicamente lidera en 2 de las 8 características estudiadas. Además, si nos fijamos en cuáles son estas características podemos observar que se trata de las más conservadoras de todo el listado, ya que por un lado estudian el desembolso económico realizado, y por otro lado estudian las implicaciones de Europa en conflictos internacionales.

Sobre el Escenario 3 podemos concluir que se trataría del mejor escenario a corto plazo, ya que defiende el ser altamente conservador y no salir de la zona de confort existente en la que nos encontramos, y que, por cierto, últimamente esta zona cuenta con de todo menos confort puesto que la situación europea actual en materia de semiconductores es crítica.



## CAPÍTULO 6: ESTUDIO ECONÓMICO

En este capítulo vamos a realizar un estudio de todos los costes asociados a la realización de este Trabajo Fin de Grado.

La estructura del estudio económico tendrá dos partes. Por un lado, analizaremos los costes asociados a la realización y desarrollo del TFG. Por otro lado, analizaremos los costes del material utilizado.

En nuestro estudio vamos a diferenciar entre:

-Costes directos: aquellos que son directamente imputables a la realización del TFG. En nuestro caso, tendremos dos costes directos. Por un lado, el asociado a la mano de obra y, por otro lado, el asociado a los materiales utilizados.

-Costes indirectos: aquellos costes que son imputables al proceso de desarrollo del TFG pero que sin embargo no aportan valor añadido a nuestro plan estratégico.

### 6.1. Costes directos asociados a la realización del TFG.

La mano de obra que hemos utilizado para la realización del TFG recae en los costes imputados al Ingeniero de Organización que ha realizado el trabajo, y al tutor académico que le ha mentorizado.

PERSONAL	Horas	Salario (€/h)	COSTE TOTAL(€)
·Ingeniero de Organización	450	14	6300
·Tutor académico	20	15	300
<b>COSTE TOTAL (€)</b>			<b>6600</b>

Tabla 2. Costes directos de personal asociados a la realización del TFG (Elaboración propia).

Por otro lado, los costes imputables al material utilizado recaen en: equipos electrónicos, material de oficina y licencias de software.

Además, debemos tener en cuenta los costes por hora de los materiales utilizados durante el desarrollo del proyecto, ya que una vez finalizado el TFG vamos a seguir contando con ellos y pudiendo usarlos. Por tanto, no sería muy realistas imputar el total del coste de compra de estos materiales directamente al desarrollo de este estudio.

Concepto	Ordenador	Teléfono móvil	Material de Oficina	Licencia Software	Total (€)
Coste (€)	700	450	100	200	1450
Horas de Vida Útil	3200	4200		3200	
Coste por hora (€/h)	0,219	0,107		0,063	

Tabla 3. Coste por hora del material utilizado en la realización de este TFG

A modo de premisa, hemos supuesto que la amortización asociada a estos equipos utilizados ha sido lineal en todos los casos. Por tanto, los costes de amortización de estos equipos serán los siguientes:

Concepto	Ordenador	Teléfono móvil	Material de Oficina	Licencia Software	Total (€)
Coste por hora (€/h)	0,219	0,107		0,063	
Horas de uso en TFG	450	100		450	
Coste Total (€)	98,550	10,700	100	28,350	237,6

Tabla 4. Coste directos amortizados asociados al material utilizado en la realización de este TFG

Por tanto, podemos afirmar que el total de los costes directos asociados a la realización de este Trabajo Fin de Grado ascienden a **6837,6 €**.

## 6.2. Costes indirectos asociados a la realización del TFG.

Como hemos explicado, estos costes son aquellos imputables de manera indirecta a la ejecución del Trabajo Fin de Grado, pero que sin embargo no aportan ningún tipo de valor a nuestro plan estratégico.

Concepto	Consumo de Electricidad	Internet	Desplazamientos a Biblioteca	Total (€)
Coste (€)	150	120	60	<b>330</b>

Tabla 5. Costes indirectos asociados a la realización del TFG (Elaboración propia).

## 6.3. Costes totales asociados a la realización del TFG.

A continuación, se muestran los costes sociales asociados a la realización de este TFG:

Tipo de coste	COSTE TOTAL(€)
·Costes directos	6837,6
·Costes indirectos	330
<b>COSTE TOTAL (€)</b>	<b>7167,6</b>

Tabla 6. Costes totales asociados a la realización del TFG (Elaboración propia).



## CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES

Como todos sabemos, y según se ha venido comentando a lo largo de todo el trabajo, los semiconductores están presentes en todos los dispositivos electrónicos existentes, desde dispositivos básicos como un microondas, hasta dispositivos más complejos como puede ser un acelerador de partículas.

Es por ello que, es importante para los diferentes países del mundo contar con una potente infraestructura en lo que a cadenas de suministro de chips se refiere.

Por desgracia, Europa está actualmente muy lejos de tener una independencia en cuanto a semiconductores. Sin embargo, la infraestructura europea actual de chips es altamente dependiente en procesos productivos que se llevan a cabo fuera de suelo europeo, sobre todo para los chips de más alta tecnología.

A lo largo de todo este trabajo, hemos estudiado los factores por los que Europa no tiene, y por el momento no va a ser capaz de tener, una cadena de suministro que le permita ser relativamente independiente y por tanto no depender de la capacidad productiva externa. Estos son:

-Ausencia de un plan europeo en materia de semiconductores: desde inicios del siglo XXI, cuando la tecnología comenzó a progresar exponencialmente, y con ella el número de semiconductores utilizados y la tecnología de los mismos, Europa no fue capaz de reaccionar y establecer un plan que permitiese conseguir cierta importancia mundial en materia de producción de chips.

-Escasez de recursos económicos destinados: ligado a la ausencia de un plan de acción, debemos destacar que desde Europa no se han destinado los suficientes recursos económicos necesarios para evolucionar en materia de semiconductores. Por tanto, en el proceso productivo completo (diseño, fabricación y ensamblaje), Europa se encuentra varios niveles por detrás de otros países como Taiwán, China, Corea o Estados Unidos.

-No contamos con la tecnología necesaria: La tecnología necesaria para fabricar chips de vanguardia está muy lejos de la actual tecnología con la que contamos en Europa.

-Dependencia productiva total: debido a que no contamos ni con la infraestructura ni con los recursos necesarios para satisfacer nuestra demanda local de semiconductores, Europa importa gran cantidad de chips de otros países que si tienen la capacidad productiva necesaria.

-Impacto del coronavirus: la irrupción del coronavirus revolucionó el mundo a unos niveles no conocidos hasta el momento. La gran mayoría de empresas europeas instauró el teletrabajo a partir de Marzo de 2020. Este hecho trajo consigo un incremento enorme de dispositivos electrónicos, y por tanto la demanda de los semiconductores alcanzó unos niveles tales, que la oferta existente no era capaz de satisfacer. Debido a este incremento en la demanda, se generaron grandes cuellos de botella en las cadenas de suministro de semiconductores, que incluso a día de hoy no han sido capaces de resolverse completamente.

Como consecuencia de todos estos factores y problemas asociados a las cadenas de suministro europeas, los principales organismos de nuestro continente se han dado cuenta de que deben despertar y llevar a cabo, inminentemente, algún tipo de plan de acción que contribuya a minimizar a corto plazo, y a resolver a medio/largo plazo el actual problema existente.

Por ello, he decidido realizar un análisis de escenarios, comparando cómo sería la situación en Europa dependiendo de si seguimos con el escenario actual, o por el contrario aplicamos alguno de los otros dos escenarios que he propuesto.

Se ha llegado a la conclusión de que Europa no puede continuar como hasta ahora, sino que debe actuar ya de alguna manera que le permita, en el medio/largo plazo, conseguir cierta importancia en la escena mundial de semiconductores y, sobre todo, que de alguna manera que le permita contar con una serie de infraestructuras que sean capaces de crear una oferta que satisfaga al completo la demanda existente.

## Bibliografía

- Aguiar, A. (15 de Octubre de 2021). *Europa prepara una ley para impulsar un ecosistema de chips que garantice su suministro y reduzca su dependencia de la producción en China*. Obtenido de Business Insider: <https://www.businessinsider.es/von-der-leyen-anuncia-legislacion-impulsar-produccion-chips-932057>
- Aguiar, A. (9 de Marzo de 2022). *Europa quiere que el 20% de los procesadores a nivel mundial se fabriquen en el continente: los objetivos de la nueva Agenda Digital 2030 de la Comisión*. Obtenido de Business Insider: <https://www.businessinsider.es/europa-presenta-agenda-digital-2020-todo-sabe-826199>
- Attinasi, M. G., De Stefani, R., Frohm, E., Gunnella, V., Koester, G., Melemenidis, A., & Tóth, M. (2021). *The semiconductor shortage and its implication for euro area trade, production and prices*. European Central Bank, Economic Bulletin.
- Bauer, H., Burkacky, O., Kenevan, P., Mahindroo, A., & Patel, M. (4 de Enero de 2022). *How the semiconductor industry can emerge stronger after the Covid-19 crisis?* Obtenido de McKinsey & Company: <https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/how-the-semiconductor-industry-can-emerge-stronger-after-the-covid-19-crisis#:~:text=Taking%20a%20strategic%20approach%20to,approach%20to%20investment%20and%20divestment>.
- Bauer, H., Burkacky, O., Lingemann, S., Pototzky, K., Kenevan, P., & Wiseman, B. (14 de Diciembre de 2021). *“Semiconductor design and manufacturing: Achieving leading-edge capabilities,”*. Obtenido de McKinsey & Company: <https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/semiconductor-design-and-manufacturing-achieving-leading-edge-capabilities>
- Bown, C. P. (21 de Diciembre de 2021). *How the United States marched the semiconductor industry into its trade war with China*. Peterson Institute for International Economics. Obtenido de Peterson Institute for International Economics: <https://www.piie.com/publications/working-papers/how-united-states-marched-semiconductor-industry-its-trade-war-china>
- Burkacky, O., Lingemann, S., & Pototzky, K. (17 de Abril de 2022). *Coping with the auto-semiconductor shortage: Strategies for success*. Obtenido de McKinsey & Company: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/coping-with-the-auto-semiconductor-shortage-strategies-for-success?cid=other-eml-alt-mip-mck&hdpid=c8e3e22a-bfb4-40ab-806f-6317f561b283&hctky=11564923&hlkid=89d428382d294b5888b1e93e1>

- Center for Security and Emerging Technology. (5 de Noviembre de 2021). *The Chipmakers: U.S. strengths and priorities in the high-end Semiconductor workforce*. Obtenido de <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2020/10/The-Chipmakers-SIA-slides41-Read-Only.pdf>
- Cerdeiro A, D., Eugster, J., Mano C, R., Muir, D., & Peiris J, S. (17 de Noviembre de 2021). *Sizing Up the Effects of Technological Decoupling*. International Monetary Fund Working Papers. Obtenido de International Monetary Fund.
- Cerulus, L. (14 de Enero de 2022). *Político*. Obtenido de Experts urge Europe to up its game on microchips: <https://www.politico.eu/article/europe-microchip-technology-autonomy-production-china-semiconductors/>
- Chen, G. (27 de Noviembre de 2021). *Semiconductors – the Next Wave - Opportunities and winning strategies for semiconductor companies*. Obtenido de Deloitte: <https://www2.deloitte.com/tw/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/semiconductor-next-wave.html>
- Clark, L. (17 de Octubre de 2021). *Global Semiconductor Industry Outlook 2021*. Obtenido de KPMG.
- Comisión Europea. (2022). *Digital sovereignty: Commission proposes Chips Act to confront semiconductor shortages and strengthen Europe's technological leadership*.
- Coulon, O., Olliver, G. D., Saint-Martin, L., & Vodovar, M. (2020). *Study on the Electronics Ecosystem: Overview, Developments and Europe's Position in the World*. Publications Office of the European Union.
- Duchâtel, M. (2021). *The Weak Links in China's Drive for Semiconductors*. Institut Montaigne.
- Espanol News. (2 de Febrero de 2022). *Cómo TSMC ha dominado la geopolítica de la fabricación de chips*. Obtenido de <https://espanol.news/como-tsmc-ha-dominado-la-geopolitica-de-la-fabricacion-de-chips/>
- Ethan, W. (30 de Octubre de 2021). *La industria automovilística y la de semiconductores están en el centro de la crisis global de la cadena de suministro: esto es lo que les espera, según los expertos*. Obtenido de Business Insider: <https://www.businessinsider.es/escasez-global-chips-obliga-empresas-adaptarse-922825>
- European Automobile Manufacturers Association. (7 de Enero de 2022). *Economic and Market Report* -. Obtenido de EU Automotive Industry: [https://www.acea.auto/files/Economic\\_and\\_Market\\_Report\\_full-year\\_2020.pdf](https://www.acea.auto/files/Economic_and_Market_Report_full-year_2020.pdf)
- European Commission. (2020). *A European Initiative on Processors and semiconductor technologies*. European Union Publications.

- European Comission. (12 de Noviembre de 2021). *Important projects of common European interest: Boosting EU strategic value chains*. Obtenido de [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS\\_BRI\(2020\)659341](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2020)659341)
- European Comission. (7 de Diciembre de 2021). *Member States join forces for a European initiative on processors and semiconductor technologies*. Obtenido de <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/member-states-join-forces-european-initiative-processors-and-semiconductor-technologies>
- European Comission. (15 de Febrero de 2022). *Alliance on Processors and Semiconductor technologies*. Obtenido de <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/alliance-processors-and-semiconductor-technologies>
- European Comission. (4 de Febrero de 2022). *In-depth reviews of strategic areas for Europe's interests*. Obtenido de [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-industrial-strategy/depth-reviews-strategic-areas-europes-interests\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-industrial-strategy/depth-reviews-strategic-areas-europes-interests_en)
- Fernández Herrera, A. L. (2014). *Co-Creación de semiconductores: desde la idea hasta la comercialización del producto*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación.
- Fowler, J. W., Uzsoy, R., & Mönch, L. (2017). *A survey of semiconductor supply chain models part I: semiconductor supply chains, strategic network design, and supply chain simulation*.
- Fowler, J. W., Uzsoy, R., & Mönch, L. (2018). *A survey of semiconductor supply chain models Part II: demand planning, inventory management, and capacity planning*.
- Fowler, J. W., Uzsoy, R., & Mönch, L. (2019). *A survey of semiconductor supply chain models part III: master planning, production planning, and demand fulfilment*.
- Global X Team. (24 de Enero de 2022). *Putting the Chip Shortage into the Context of Long-Term Trends*. Obtenido de <https://www.globalxetfs.com/putting-the-chip-shortage-into-the-context-of-long-term-trends/>
- Guadagno, F., Hoeren, T., & Wunsch-Vincent, S. (2015). *'Breakthrough technologies – Semiconductor, innovation and intellectual property', Paper No. 27* . WIPO Economic Research Working, World Intellectual Property Organisation .
- Guin, U., Huang, K., DiMase, D., Carulli, J. M., Tehranipoor, M., & Makris, Y. (2014). *Counterfeit Integrated Circuits: A Rising Threat in the Global Semiconductor Supply Chain*. Institute of Electrical and Electronics Engineers.

- Hsu, J. (2021). La gran crisis de los chips amenaza la promesa de la Ley de Moore. *MIT Technology Review*.
- Hui-Chih, HungYu-Chih, & Wu, C.-C. (2017). *Analysis of Competition Between IDM and Fabless–Foundry Business Models in the Semiconductor Industry*. Institution of Electrical and Electronics Engineers.
- IC Insights. (17 de Noviembre de 2021). *Fabless Company Sales By Region*. Obtenido de <https://anysilicon.com/fabless-company-sales-by-region-2018/>
- IC Insights. (7 de Noviembre de 2021). *IDMs Could Top Fabless Semiconductor Company Growth*. Obtenido de <https://anysilicon.com/idms-top-fabless-semiconductor-company-growth/>
- International Society for Optics and Photonics. (1 de Mayo de 2022). *Infographic: How a chip is born*. Obtenido de <https://spie.org/news/photonics-focus/mayjune-2021/how-chips-are-made?SSO=1>
- Kleinhans, J. (2021). *‘The lack of semiconductor manufacturing in Europe’, Policy Brief*. Stiftung Neue Verantwortung.
- Kleinhans, J., & Baisakova, N. (2020). *The Global Semiconductor Value Chain: A Technology Primer for Policy Makers*. Stiftung Neue Verantwortung.
- Kleinhans, J.-P. (2021). *The lack of semiconductor manufacturing in Europe*. Stiftung Neue Verantwortung.
- Landin, P. (6 de Abril de 2022). *Semiconductores intrínsecos y extrínsecos*. Obtenido de PELANDINTECNO-TECNOLOGÍA ESO: <http://pelandintecno.blogspot.com/2014/04/semiconductores-intrinsecos-y.html>
- LexisNexis. (6 de Febrero de 2022). *IP rights and Semiconductors*. Obtenido de <https://www.lexisnexis.co.uk/legal/guidance/ip-rights-semiconductors>
- López, J. C. (27 de Noviembre de 2021). *La crisis de los semiconductores es la consecuencia de una tormenta perfecta: por qué no es tan fácil resolverla simplemente fabricando más chips*. Obtenido de Xataka: <https://www.xataka.com/componentes/crisis-semiconductores-consecuencia-tormenta-perfecta-que-no-facil-resolverla-simplemente-fabricando-chips>
- McCabe, B. (8 de Octubre de 2021). *The Global Chip Shortage: A Timeline of Unfortunate Events*. Obtenido de <https://www.sourcetoday.com/industries/article/21177328/the-global-chip-shortage-a-timeline-of-unfortunate-events>

- Mcloughlin, M. (12 de Abril de 2021). *Semiconductores, la crisis que ha roto las costuras industriales y nadie sabe cómo arreglar*. Obtenido de El Confidencial: [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-04-12/semiconductores-crisis-guerra-5g-fabricacion\\_3026003/pass\\_29bf655995fb6c61a22c308ef58e58a1/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2021-04-12/semiconductores-crisis-guerra-5g-fabricacion_3026003/pass_29bf655995fb6c61a22c308ef58e58a1/)
- Millán, V. (6 de Enero de 2022). *Quién es quién en la industria de diseño de chips: la pinza sobre Huawei*. Obtenido de Hipertextual: <https://hipertextual.com/2020/09/quien-es-quien-chips-huawei>
- National Security Commission on Artificial Intelligence. (2020). *Final Report*. Estados Unidos.
- Nieto, V. (2020). *Fundamentos Físicos y Tecnológicos de la Informática. Tecnología de fabricación de los semiconductores*. Madrid, Madrid, España: Grupo de Tecnología de Computadores. DATSI-FI-UPM.
- Olmo, M. (18 de Octubre de 2021). *Teoría de Bandas en Sólidos*. Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Solids/band.html>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo económicos. (4 de Diciembre de 2011). *Let the chips fall where they may: a story of subsidies and semiconductors*. Obtenido de <https://www.oecd.org/trade/let-the-chips-fall-where-they-may/>
- Poems- Market Journal. (1 de Febrero de 2022). *Semiconductor: The Foundation of Modern Technologies*. Obtenido de <https://www.poems.com.sg/market-journal/semiconductor-the-foundation-of-modern-technologies/>
- Poitiers, N. F., & Weil, P. (2021). A new direction for the European Union's half-hearted semiconductor strategy. *Bruegel*.
- Saha, S. K. (2016). *Emerging Business Trends in the Microelectronics Industry*. Milpitas, USA: Prospicient Devices.
- Seeking Alpha. (3 de Noviembre de 2021). *Semiconductor Industry: From a Blockbuster to a Business Model*. Obtenido de <https://seekingalpha.com/article/4203702-semiconductor-industry-from-blockbuster-to-netflix-model>
- Solé, R. (12 de Octubre de 2021). *Professional Review*. Obtenido de Precio de las tarjetas gráficas se ha multiplicado por cuatro en solo tres años: <https://www.profesionalreview.com/2021/06/12/aumento-precios-tarjetas-graficas/>
- Solé, R. (20 de Enero de 2022). *Professional Review*. Obtenido de Samsung supera a Intel como mayor fabricante de chips en 2021: <https://www.profesionalreview.com/2022/01/20/samsung-intel-fabricante-chips/>

- Statista. (10 de Noviembre de 2021). *Leading semiconductor companies (including foundries) from 2020 to 2021, by quarter*. Obtenido de <https://www.statista.com/statistics/1239459/worldwide-top-15-semiconductor-companies-by-quarter/>
- Taiwan Semiconductor Manufacturing Company. (9 de Noviembre de 2021). *Everything to Know about Dedicated Foundries- Infographic*. Obtenido de [https://www.tsmc.com/english/aboutTSMC/dc\\_infographics\\_foundry](https://www.tsmc.com/english/aboutTSMC/dc_infographics_foundry)
- The Economist. (9 de Febrero de 2022). *Why SMIC is surging*. Obtenido de <https://www.economist.com/business/2020/07/09/why-smic-is-surgig>
- Thomas, C. (7 de Enero de 2022). *Laggint but motivadjtjed: The State of China's semiconductor industry*. Obtenido de Brookings: <https://www.brookings.edu/techstream/lagging-but-motivated-the-state-of-chinas-semiconductor-industry/>
- Tomelloso, I. (23 de Diciembre de 2021). *ArchiTecnología*. Obtenido de IDM vs Fabless: comparación de los modelos, ventajas y desventajas.: <https://architecnologia.es/idm-vs-fabless-comparacion-ventajas-desventajas>
- Vicuña, J. M. (2017). *EL plan estratégico en la práctica*. Madrid: ESIC Editorial.
- Voas, J., Kshetri, N., & DeFranco, J. F. (12 de Octubre de 2021). *Scarcity and Global Insecurity: The Semiconductor Shortage*. IEEE Computer Society.

