

NOTA TÉCNICA N° IDB-TN-03201

# La reconfiguración de las cadenas globales de valor en el sector de microprocesadores y semiconductores

Autor:

Dr. Jorge H. Carrillo V.

Coordinadores:

Pablo M. García

Juan S. Blyde

Banco Interamericano de Desarrollo  
Sector de Productividad, Comercio e Innovación

Septiembre 2025



# La reconfiguración de las cadenas globales de valor en el sector de microprocesadores y semiconductores

Autor:

Dr. Jorge H. Carrillo V.

Coordinadores:

Pablo M. García

Juan S. Blyde

Banco Interamericano de Desarrollo  
Sector de Productividad, Comercio e Innovación

Septiembre 2025

## Catalogación en la fuente proporcionada por la Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo

Carrillo V., Jorge (Carrillo Viveros).

La reconfiguración de las cadenas globales de valor en el sector de microprocesadores y semiconductores / Jorge Carrillo V.; editores, Pablo M. García, Juan S. Blyde.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 3201)

1. Semiconductor industry-Latin America. 2. Semiconductor industry-Caribbean Area. 3. Microprocessors-Latin America. 4. Microprocessors-Caribbean Area. 5. Industrial management-Latin America. 6. Industrial management-Caribbean Area. I. García, Pablo M., editor. II. Blyde, Juan S., editor. III. Banco Interamericano de Desarrollo. Sector de Productividad, Comercio e Innovación. IV. Título. V. Serie.

IDB-TN-3201

Palabras clave: Semiconductores, Microprocesadores, Cadenas de Valor Globales, Innovación, Tecnología, América Latina.  
Códigos JEL: F01, F14, F23, L63, N66.

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2025 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.





LA RECONFIGURACIÓN DE LAS CADENAS  
GLOBALES DE VALOR EN EL SECTOR DE  
**MICROPROCESADORES  
Y SEMICONDUCTORES**





## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a Ing. J. Saúl De los Santos G., M.D.R. Lilia G. Covarrubias, y a Ing. Ivan De los Santos G por sus valiosos comentarios, sugerencias y observaciones, que enriquecieron este trabajo.

Este estudio se llevó a cabo gracias a la valiosa colaboración de dos asistentes. Pia Raczkowski llevó adelante la investigación sobre acuerdos empresariales para elaborar el Gráfico 29, que representa las redes globales de producción de vehículos eléctricos. Francisco Ocampos contribuyó con la actualización de las políticas públicas europeas, analizó documentos relacionados con la promoción de la electromovilidad en América Latina y contribuyó significativamente en la edición final del documento. Expresamos nuestro agradecimiento a ellos, eximiéndolos de cualquier error u omisión que pudiera existir en el presente documento.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Índice de acrónimos, abreviaturas y siglas</b>	<b>6</b>
<b>índice de cuadros</b>	<b>3</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>3</b>
<b>Índice de gráficos</b>	<b>4</b>
<b>Índice de recuadros</b>	<b>5</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>5</b>
<b>Resumen ejecutivo</b>	<b>7</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>11</b>
<b>2. Términos y antecedentes</b>	<b>14</b>
2.1 Conceptos base	14
2.2 Origen histórico	16
<b>3. La industria de microprocesadores y semiconductores en el mundo</b>	<b>20</b>
3.1 Evolución y perspectivas	20
3.2 Semiconductores, una industria compleja	22
3.3 Complejidad en la cadena de suministro	23
3.4 La complejidad en materia de tecnología de proceso	26
3.5 Alta densidad de inversión en bienes de capital e I+D	27
3.6 Miniaturización de componentes	29
3.7 El mercado global de los semiconductores	35
3.8 Comercio exterior	40
<b>4. Cadena de valor y modelos de negocio en la industria de los semiconductores</b>	<b>52</b>
4.1 Cadena de valor extendida	51
4.2 Modelos de negocio característicos	52
4.3 Factores determinantes de la localización de operaciones clave de fabricación de semiconductores	58
4.4 Actores clave en la cadena de valor	66
4.5 Coordinación de sistemas productivos y logísticos	96
<b>5. Modelos de gobernanza, tendencias de cambio e incertidumbres en torno al sector</b>	<b>97</b>
5.1 Gobernanza de la cadena de suministro	97
5.2 Gobernanza del ecosistema global del sector	101
5.3 Tendencias a futuro en el sector	102
5.4 Incertidumbres y riesgos que enfrenta la industria de los semiconductores	105
<b>6. Posicionamiento competitivo, principales oportunidades y amenazas para la inserción de ALC en la cadena de valor</b>	<b>106</b>
6.1 La reconfiguración de la cadena de valor y potenciales impactos para ALC	106
6.2 Oportunidades y amenazas para los países de ALC ante la reorganización de la cadena de valor y tendencias	117

6.3 Amenazas para la región ALC ante la reorganización de la industria	120
6.4 Países con mayor potencial en los diferentes eslabones de la cadena de valor	122
<b>7. Recomendaciones de política tendientes a mejorar el posicionamiento de la región para la atracción de nuevas oportunidades de inversión y aprovisionamiento en las cadenas de valor del sector de semiconductores.</b>	<b>125</b>
7.1 La reconfiguración de la industria de los semiconductores para ALC	126
7.2 Puntos críticos para aprovechar oportunidades y abordar las amenazas reveladas	126
7.3 Recomendaciones de política para capitalizar las oportunidades identificadas	128
<b>Referencias y fuentes</b>	<b>134</b>
<b>Anexo A: Otras referencias</b>	<b>137</b>
<b>Anexo B: Entrevistas realizadas</b>	<b>139</b>
<b>Anexo C: Listado de proveedores de la industria de los semiconductores</b>	<b>140</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 - Comparación de incentivos por localización	66
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustración de referencia sobre tipos de componentes electrónicos / semiconductores	15
Figura 2 - Esquemas ilustrativos de categorización de tipos de semiconductores	16
Figura 3 - Ley de Moore: El número de transistores en los microchips se duplica cada dos años	17
Figura 4 - Ventas totales de semiconductores por empresas estadounidenses	19
Figura 5 - Capacidad global de producción de semiconductores comerciales de 200mm+ por región	21
Figura 6 - Dimensiones de complejidad en la industria de los semiconductores	22
Figura 7 - Ilustración del proceso general de manufactura de semiconductores	23
Figura 8 - Ejemplo: El viaje global de un procesador para teléfono inteligente	25
Figura 9 - Ejemplo: Un equipo de litografía ultravioleta extrema (EUV) integra componentes de una red global de más de 5.000 proveedores	27
Figura 10 - Densidad de transistores por circuito integrado	29
Figura 11 - Relación del tamaño de transistor respecto al tiempo con base en la Ley de Moore	30
Figura 12 - Nodos en el espectro de manufactura de semiconductores	31
Figura 13 - Fabricantes de semiconductores con mejor nivel de tecnología para microprocesadores (2025)	31

Figura 14 - Ilustración del ambiente controlado para la fabricación de semiconductores	32	Figura 40 - Fuerza de trabajo para la industria de semiconductores en EE UU y brecha esperada (2010-2030)	63
Figura 15 - Tamaños estándar de <i>wafers</i> en la industria de semiconductores	33	Figura 41 - Nivel de incentivos sobre la base del costo total de operación a 10 años para una planta nueva	65
Figura 16 - Composición del mercado de semiconductores al cierre del año 2023	37	Figura 42 - Bloques de actores en cadena de valor extendida de los semiconductores	67
Figura 17 - Principales flujos internacionales en materia de semiconductores y sus partes constitutivas (2019)	39	Figura 43 - Participación del contenido electrónico en diversas industrias	81
Figura 18 - Comportamiento global de las exportaciones de semiconductores (2023)	40	Figura 44 - Mercado global de materiales para semiconductores (USD miles de millones)	82
Figura 19 - Tendencia de las exportaciones globales de semiconductores (2000-2023 a precios constantes)	41	Figura 45 - Países que participan en la producción de semiconductores	96
Figura 20 - Comportamiento global de las importaciones de semiconductores (2023)	42	Figura 46 - Semiconductores como sub-cadena de la industria electrónica	97
Figura 21 - Tendencia de las importaciones globales de semiconductores (2000-2023 a precios constantes)	43	Figura 47 - Coexistencia de modelos de gobernanza en la cadena de valor de semiconductores	98
Figura 22 - Comportamiento de las exportaciones de México en materia de semiconductores (2023)	44	Figura 48 - Curva de valor característica de la cadena de productos electrónicos	99
Figura 23 - Tendencia de las exportaciones de México en materia de semiconductores USD y porcentaje de participación en las exportaciones globales (2000-2023 a precios constantes)	45	Figura 49 - Curva de valor de la industria de semiconductores	100
Figura 24 - Comportamiento de las exportaciones de Brasil en materia de semiconductores (2023)	46	Figura 50 - Esquema de gobernanza del ecosistema de semiconductores	101
Figura 25 - Tendencia de las exportaciones de Brasil en materia de semiconductores USD y porcentaje de participación en las exportaciones globales (2000-2023 precios constantes)	47	Figura 51 - Mapa de ruta tecnológico de tecnología de fotolitografía EUV de ASML	103
Figura 26 - Comportamiento de las exportaciones de Costa Rica en materia de semiconductores (2023)	48	Figura 52 - Incremento de capacidad de fabricación de obleas por localización	110
Figura 27 - Tendencia de las exportaciones de Costa Rica en materia de semiconductores USD y porcentaje de participación en las exportaciones globales (2000-2023 precios constantes)	49	Figura 53 - Anuncios mayores de inversión en nuevas plantas de fabricación, ensamble y empaque en el mundo desde 2020	111
Figura 28 - Comportamiento de las exportaciones de Rep. Dominicana en materia de semiconductores (2019)	50	Figura 54 - Distribución de capacidad de ensamble y empaque por región	112
Figura 29 - Tendencia de las exportaciones de República Dominicana en materia de semiconductores USD y porcentaje de participación en las exportaciones globales (2000-2023 precios constantes)	51	Figura 55 - Flujos futuros de capital de región de origen del corporativo a región destino (2024 a estimado 2034)	113
Figura 30 - Esquemización de la cadena de valor de los semiconductores	52	Figura 56 - Caracterización de las estrategias de naciones en elevada competencia en la cadena global de valor de semiconductores	114
Figura 31 - Ejemplos de empresas bajo esquema IDM	53	Figura 57 - Participación de países de ALC en la cadena de valor de la industria de los semiconductores	115
Figura 32 - Ejemplos de empresas bajo esquema Fab-Lite	54	Figura 58 - Potencial arreglo de estrategia para incrementar la participación en la cadena de valor de semiconductores para naciones con mayor potencial en ALC.	120
Figura 33 - Ejemplos de empresas bajo esquema Fabless	54		
Figura 34 - Ejemplos de empresas bajo esquema Foundry	55		
Figura 35 - Ejemplos de empresas bajo esquema OSAT	55		
Figura 36 - Participación en el valor de la cadena de suministro de los semiconductores en 2022	56		
Figura 37 - Inversión y aporte de valor en los eslabones de la cadena	57		
Figura 38 - Utilización de capacidad a lo largo de diferentes nodos	58		
Figura 39 - Factores para seleccionar una localización de planta para fabricación	62		

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Composición de tamaño de mercado de materiales para la fabricación de semiconductores (2019)	24
Gráfico 2 - Composición de tamaño de mercado de equipo para la fabricación de semiconductores por principales familias (2019)	26
Gráfico 3 - La industria de los semiconductores se coloca arriba simultáneamente en el mundo en intensidad de inversión en I+D y bienes de capital	28
Gráfico 4 - Capacidad instalada a diciembre de 2020 por tamaño de oblea	34
Gráfico 5 - Ventas globales de semiconductores por año	35
Gráfico 6 - Ventas globales de semiconductores por área geográfica (2019)	38

Gráfico 7 - Suministro de equipo para la manufactura de semiconductores por región	84
Gráfico 8 - Proyección del crecimiento del mercado de semiconductores en el mundo	102

## ÍNDICE DE RECUADROS

Recuadro 1 - Preselección de locaciones propensas para el desarrollo de la industria de los semiconductores	129
Recuadro 2 - Identificación y perfilamiento de prospectos (targeting and profiling)	129
Recuadro 3 - Aproximación directa	130
Recuadro 4 - Compromiso presidencial con proyectos de alto perfil	130
Recuadro 5 - Combinación de fuentes de incentivos	131
Recuadro 6 - Otorgamiento de incentivos inteligentes	131
Recuadro 7 - Sectores prioritarios y alineación de recursos	132
Recuadro 8 - Especialización inteligente	133

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Proyecciones del crecimiento del mercado de semiconductores para 2024 y 2025 de acuerdo a WSTS	36
Tabla 2 - Categorías generales y segmentos de aplicación de semiconductores	36
Tabla 3 - Barreras de entrada a nuevos fabricantes de semiconductores	58
Tabla 4 - Magnitud de la inversión anual según categoría de semiconductor	64
Tabla 6 - Descripción de actores: distribuidores comerciales (no fabricantes)	77
Tabla 7 - Descripción de actores: consumidores	78
Tabla 8 - Descripción de actores: proveedores de materias primas y otros insumos directos	82
Tabla 9 - Descripción de actores: proveedores de software y equipamiento especializado	84
Tabla 10 - Descripción de actores: instituciones y empresas de investigación	86
Tabla 11 - Descripción de actores: gobiernos nacionales	88
Tabla 12 - Descripción de actores: organizaciones de estandarización, articuladoras y gremiales	95
Tabla 13 - Distribución de valor agregado por eslabón en la cadena y región	100

# Índice de acrónimos, abreviaturas y siglas

ABISEMI	Asociación Brasileña de la Industria de los Semiconductores
BCG	Boston Consulting Group
Capex	Gasto en bienes de capital
CTO	Costo Total de Propiedad
DAO	Discreto, Análogo y Otros
EDA	Automatización del Diseño Electrónico
ERP	Enterprise Resource Planning
EUV	Ultravioleta Extrema
I+D	Investigación y Desarrollo
IA	Inteligencia Artificial
IC	Circuito Integrado
IDMs	Integrated Device Manufacturers
IEC	International Electrotechnical Commission
IED	Inversión Extranjera Directa
IoT	Internet of Things
IP	Propiedad Intelectual
LED's	Diodos Emisores de Luz
nm	Nanómetro
OEM	Fabricante de Equipo Original
OMC	Organización Mundial de Comercio
Opex	Gasto operativo
OSAT	Subcontratista de Ensamble y Empaque de Semiconductores
SIA	Semiconductor Industry Association
TICs	Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones
WSTS	World Semiconductor Trade Statistics

# Resumen ejecutivo

## LOS SEMICONDUCTORES Y MICROPROCESADORES: UNA DINÁMICA INDUSTRIAL GLOBAL

En los últimos 50 años, la industria de los semiconductores ha evolucionado desde sus orígenes en los EE.UU. hasta convertirse en la más compleja y globalizada en el mundo. En esta última década, más del 80% de la capacidad de fabricación se ha concentrado en Asia (Taiwán primordialmente, y en especial para los dispositivos de la tecnología más avanzada), después de décadas de reordenamiento de la base productiva que han derivado en el surgimiento de diversos modelos de negocio, entre los que destacan las empresas integradas que tienen bajo su cargo el proceso completo de diseño, fabricación, empaque, prueba y comercialización, casos alternos de empresas que solo diseñan y subcontratan la fabricación y las contrapartes que se concentran en ser los contratistas de dichas manufacturas.

El mercado global de semiconductores con valor estimado de USD 611 mil millones anuales para el cierre de 2024, muestra una tendencia de crecimiento anual con tasas superiores al 10%, impulsada por la digitalización presente en cada vez más dispositivos (no solo electrónicos de consumo, sino también automóviles, dispositivos médicos, robótica, telecomunicaciones, internet de las cosas, y el procesamiento masivo de datos derivado de la inteligencia artificial)), sin embargo algunos analistas cuestionan si esto será sostenible, dadas las presiones recesivas a nivel internacional, la potencial fragmentación de la industria por factores geopolíticos y por la sobreinversión en incremento de capacidades de manufactura que genere un efecto de abaratamiento de productos por sobreoferta.

Al considerarse la suma del comercio global de componentes (semiconductores) y productos intermedios de la cadena productiva de los semiconductores, el mercado en torno a esta industria alcanzará niveles superiores a los USD 2.000 miles de millones en 2025.

Los cientos de pasos requeridos para la fabricación de un semiconductor ocurren de una manera geográficamente dispersa, se estima que un semiconductor y sus partes cruza aproximadamente 70 fronteras antes de ser un producto terminado, y aun con las presiones de los Estados Unidos por recuperar al menos un 20% de la capacidad global de producción de semiconductores y de las acciones con fines similares de Europa y China, se estima que la cadena productiva seguirá por un largo plazo aun dispersa en todo el mundo, dado que la extracción de las materias primas clave, el procesamiento de insumos intermedios, el desarrollo y manufactura del equipo más avanzado para la fabricación de semiconductores y el conocimiento del nivel más avanzado se encuentran dispersos entre África, China, Rusia, Japón, Países Bajos y Taiwán sin miras a que esto cambien por diferentes factores.

Se debe notar también, que el principal consumidor de semiconductores del mundo es todavía China, esto debido a la planta productiva de exportación de bienes de electrónica de consumo, computo, telecomunicaciones, automóviles, etc., que representan por si sola el 29% del mercado global; el resto de Asia representa un 35% adicional, y el tercer mercado regional en importancia es el continente americano con un 26%. Los Estados Unidos buscan revertir a su favor estas posiciones mediante cambios en su política comercial que están generando ya otros cambios en la geografía de la producción y por ende en las cadenas globales de valor, lo que puede denominarse más un empuje hacia “in-shoring” o “re-shoring”.

Sumado al acelerado cambio en los mercados, la industria evoluciona también en términos del avance tecnológico de los propios semiconductores que alcanzan escalas cada vez más reducidas y con ello elevan la complejidad e inversión en equipos de manufactura, así como en investigación y desarrollo (incremento en las barreras de entrada a nuevos participantes de la industria). Como una de las consecuencias más notables y trascendentes de este avance tecnológico se encuentra la concentración en cada vez menos empresas de las capacidades para la fabricación de semiconductores de última generación, siendo que en el segmento de mayor novedad solo participan tres empresas a nivel global (Intel, TSMC y Samsung).

## LA INDUSTRIA DE LOS SEMICONDUCTORES EN AMÉRICA LATINA

Las experiencias más notables de los países latinoamericanos en la industria de los semiconductores corresponden a Costa Rica (con la presencia de Intel fundamentalmente), México (con operaciones de Intel, Texas Instruments, Infineon y Skyworks) y Brasil (con operaciones de Adata, Qualcomm, Chipus, Micron, entre otros).

Se destaca que las operaciones predominantes corresponden a operaciones de empaque y prueba y complementariamente de diseño, y prácticamente sin participación alguna en operaciones de fabricación que solo han sido impulsadas en el caso de Brasil con limitado éxito. Ningún país latinoamericano destaca en el valor de exportaciones globales de semiconductores, los tres de mayor participación en las exportaciones son México (0,49%), Brasil (0,17%) y República Dominicana (0,007%).

En términos de la gobernanza de la Cadena Global de Valor, los países de América latina y el caribe no disponen de un rol considerable, por lo que su participación obedece primordialmente a eslabones suplementarios en la cadena, con las excepciones contadas de operaciones de Ensamble y Empaque que se encuentran en Mexico y Costa Rica, así como unidades dedicadas a funciones de diseño, o en su defecto a empresas de fabricación orientadas a tecnologías maduras como se presentan casos de moderada escala en Brasil y México.

## REORDENAMIENTO GLOBAL DE LA CADENA DE VALOR

Adjunto a las dinámicas de los mercados, el reordenamiento global de la cadena de valor en esta industria se encuentra fuertemente marcado por las tensiones geopolíticas entre los EE. UU. y China. Ambas naciones consideran estratégico para el desarrollo futuro el control de la industria de los semiconductores por razones de liderazgo tecnológico, balanza comercial y seguridad nacional. Taiwán, al ser la ubicación que concentra la mayor proporción de las capacidades más avanzadas en el mundo para

fabricar semiconductores, se encuentra al centro del debate, en este sentido, las empresas líderes del sector se ven en la necesidad de gestionar estratégicamente sus nuevas inversiones con gobiernos de las naciones en pugna, más allá de la racional de competitividad productiva o de mercado para la decisión de localización de plantas productivas.

Un caso especial es el de la empresa ASML originaria de Países Bajos, una multinacional que ha logrado posicionarse como el referente líder en la fabricación de equipo clave para la producción de semiconductores, de la cual depende en buena medida que empresas como TSMC, Intel y Samsung puedan avanzar tecnológicamente y que también se encuentra por ello inmersa en las tensiones geopolíticas internacionales.

Como política industrial la reconocida CHIPS and Science Act (Creating Helpful Incentives to Produce Semiconductors for America Act), promulgada en los Estados Unidos como ley a inicios de agosto de 2022 ha tenido ya impactos en incentivar la inversión privada para incrementar la participación en diversos eslabones de la cadena de valor y colocar en el mediano plazo a los Estados Unidos como un jugador relevante en la fabricación de semiconductores.

Acorde a las asociaciones de industria, se estima que el periodo del año 2020 a 2032 se estarán tomando las decisiones más significativas de reestructura de la geografía para esta industria, determinándose las nuevas inversiones en términos de capacidad instalada de fabricación, especialmente para los segmentos de mayor novedad; las ya anunciadas se concentran en los EE. UU., Europa y Asia, impulsadas por fuertes programas de estímulo e incentivo económico en paquetes que equivalen a 20% o más de la inversión a ser realizada; se estima que hacia los años remanentes de este periodo se pudieran aun anunciar otras inversiones, sin embargo por efectos de economías de aglomeración y del acompañamiento de estímulos estas corresponderán esencialmente a las naciones donde ya se están desarrollando estos nuevos proyectos; las decisiones sobre nuevas localizaciones toman en consideración la existencia de ecosistemas regionales de pertinentes: instituciones educativas y de investigación con capacidad de dar soporte a la formación de personal calificado, instancias de gobierno que respaldan desde lo local a los proyectos y agregan incentivos económicos a las nuevas inversiones, infraestructura energética, de agua y logística para el movimiento de mercancías y una industria de soporte que incluye a proveedores locales de bienes y servicios asociados a la continuidad operativa para llevar a buen término los proyectos en el mediano y largo plazo.

Debe considerarse entonces la complejidad en la toma de decisiones de localización de las empresas de esta industria; no todos los segmentos (especialidades) o niveles de tecnología de semiconductores se encuentran bajo las mismas presiones y escrutinio por razones geopolíticas, sin embargo, el extremo de mayor tecnología es el que se encuentra al centro de la pugna, moviliza el capital en el orden de los miles de millones de dólares por proyecto y presenta características oligopólicas.

Empresas de menor escala y dinámica de innovación tecnológica relativa, que regularmente producen otros perfiles de productos (semiconductores también), realizarán inversiones por motivos de expansión de capacidad, renovación de tecnologías de manufactura o también por razones geopolíticas (participación en aplicaciones de defensa, incidencia en la balanza comercial o nivel de integración de contenido a determinadas industrias); aun cuando sus decisiones de localización pudieran tener mayores grados de libertad, el atractivo de los ecosistemas maduros y los incentivos gubernamentales serán factores difíciles de poner de lado.

## OPORTUNIDADES DE INSERCIÓN EN LA CADENA DE VALOR PARA AMÉRICA LATINA

Dada la trayectoria y capacidades análogas a la fabricación de semiconductores, solo tres países de la región ALC se considera tienen el potencial actual de participar en los eslabones centrales de la cadena de valor de los semiconductores: Costa Rica, México y Brasil. El incremento en participación se centra en actividades de diseño, empaque y prueba fundamentalmente, no así en el eslabón de fabricación. Para terceros países de la región existen posibilidades de participación en procesos indirectos relacionados a la industria, tales como la preparación de herramientas y la provisión de suministros, con la salvedad de que mediante la exploración minera pudieran participar en el suministro de tierras raras relacionadas a la producción de semiconductores (arsénico, cobalto, galio, paladio, entre otros); en la actualidad los países de la subregión no son proveedores significativos de estos insumos para la industria de semiconductores.

## RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PARA CAPITALIZAR EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE LAS OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS

Considerando el diagnóstico presentado en el informe, se plantea una estrategia centrada en 3 ejes de los que se despliegan líneas de acción y recomendaciones particulares con la siguiente estructura:

### **Prospección proactiva**

- Preselección de locaciones (ciudades / regiones) propensas para el desarrollo de la industria de los semiconductores
- Identificación y perfilamiento de prospectos (*targeting and profiling*)
- Aproximación directa a empresas de mayor viabilidad acorde al eslabón de la cadena y segmento a procurar

### **Diseño de paquetes de estímulos e incentivos inteligentes**

- Compromiso presidencial a proyectos de alto perfil
- Combinación de fuentes de incentivos
- Otorgamiento de incentivos inteligentes (que atiendan necesidades particulares de los proyectos y permitan que las capacidades en las que se invierte permanezcan en la nación)

### **Construcción de capacidades para la incursión en industrias de alto valor**

- Infraestructura de soporte confiable
- Formación de recursos humanos específica a los eslabones abordados
- Especialización inteligente (fortalecimiento de ecosistemas locales / regionales)

A manera de últimas reflexiones, se expresa que una buena política exterior, particularmente en términos de la relación con el gobierno de los EE. UU., y en su caso con el de la nación de origen del capital, es determinante como catalizador de proyectos de inversión en el sector de semiconductores. La percepción internacional de la estabilidad política, económica y de certidumbre a la inversión son elementos cualitativos ponderados por los inversionistas para estimar el riesgo de nuevos proyectos. Las oportunidades para naciones de la región de ALC en el sector de semiconductores son precisas, sin embargo, se requiere de una acción oportuna y contundente para que sean aprovechadas.



# 1. INTRODUCCIÓN



En el contexto de décadas de incremento en la participación de los países de América Latina y el Caribe (ALC) en el comercio internacional y la captación de inversión, se llega un punto de inflexión en los años más recientes debido a las tensiones por razones comerciales entre China y los Estados Unidos (EE. UU.), agravadas posteriormente por la pandemia de COVID-19, y más recientemente por cambios en los aranceles. Ante un escenario de mayor incertidumbre, se prevé una tendencia hacia la búsqueda de la autosuficiencia en la provisión especialmente de insumos clave, entre los que destacan los semiconductores, una industria altamente sofisticada y global.

Este reporte se genera a partir de la actualización de un análisis previo, realizado hacia finales del año 2021, por lo que presenta elementos que describen prácticamente la primera mitad del proceso coyuntural de reconfiguración de la cadena de valor de semiconductores que en su conjunto puede considerarse que abarca desde el año 2020 al año 2032; esto no implica que otras dinámicas de evolución y crecimiento del sector sean puestas de lado, sin embargo, debe quedar claro que la relocalización obedece centralmente a motivaciones de los gobiernos de las naciones y no a las empresas o los mercados.

El anuncio de fuertes nuevas inversiones en los EE. UU. por parte de las empresas líderes del sector y la consideración de los semiconductores como uno de los insumos estratégicos para los cuales se promueven iniciativas para evitar la dependencia externa desde la casa blanca son claras señales de la reconfiguración geográfica de las cadenas globales para esta industria. Para China por su lado, el enfoque de desarrollar una industria nacional de semiconductores y hacer cuantiosas inversiones en torno a ello responde a una motivación de autoabastecimiento y también de disponer de una plataforma de tecnología medular para habilitar la innovación en diversos sectores; por su parte Europa se plantea el riesgo que estas concentraciones polarizadas generan y reacciona buscando una participación que cuando menos lo mantenga en una posición de competitividad relativa.

De frente a esta coyuntura, se plantea la necesidad de identificar las oportunidades para ALC de incrementar la participación regional en la cadena de valor brindando, un panorama comprensible, así como recomendaciones a los gobiernos de la región con tal propósito.

El presente informe atiende la necesidad expresada en el párrafo anterior al dar cuenta del trabajo de investigación documental y de campo realizado para atender tres objetivos centrales:

- Caracterizar la situación y tendencias de la cadena de valor en el sector de microprocesadores y semiconductores a nivel global.
- Analizar el posicionamiento competitivo e identificar las principales oportunidades y amenazas en materia de atracción de inversiones y promoción de exportaciones de los países de ALC en el escenario de reconfiguración de la cadena de valor del sector de microprocesadores y semiconductores.
- Elaborar recomendaciones de política tendientes a mejorar el posicionamiento de la región para atraer nuevas oportunidades de inversión y aprovisionamiento en las cadenas de valor del sector de microprocesadores y semiconductores.

El informe inicia con un apartado preliminar que establece un marco conceptual de referencia y una breve reseña del desarrollo histórico, con el fin de que se comprendan mejor los contenidos sustanciales del reporte, teniendo en perspectiva que se trata de una industria en la que con el paso del tiempo el dominio se ha mantenido por parte de los EE. UU., hasta que en fechas recientes ello se percibe amenazado ante una eminente concentración de capacidades clave para la industria en el continente asiático. La cadena de valor extendida se presenta en términos de los eslabones característicos, cuantificando el respectivo valor y actores principales en términos de naciones y empresas, además de presentar los modelos de negocio bajo los que la industria opera y las razones por las que se trata de una industria globalmente distribuida en la que los procesos e inclusive inventarios intermedios se trasladan de una región a otra del mundo con mucha mayor dispersión que en otras industrias. Si bien el análisis presentado se centra en los procesos medulares de diseño - fabricación - empaque de semiconductores, se incluye un breve apartado relacionado al abasto de insumos clave (cadena extendida hacia atrás) y el frente de la cadena asociado a la comercialización y distribución de los semiconductores (cadena extendida hacia adelante).

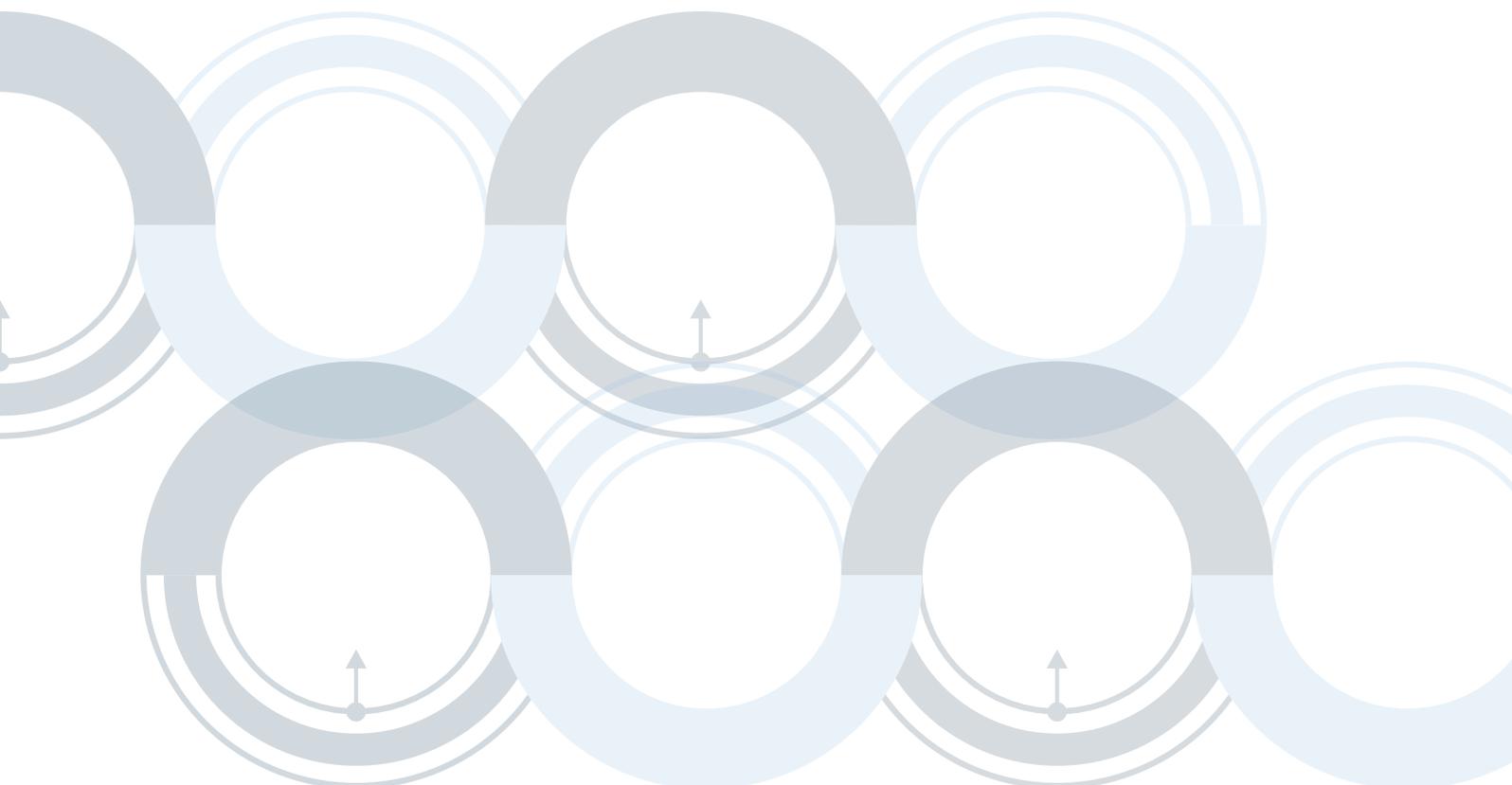
El contexto de la industria se complementa presentando las referencias de las organizaciones gremiales, gubernamentales, de investigación y de otra índole que tienen considerables nexos de colaboración e influencia con las empresas del sector y que cuando se concentran geográficamente se conciben como conglomerados (clústeres) o ecosistemas.

La mirada retrospectiva de la industria permite entender sus dinámicas y escala, sin embargo, el periodo del año 2019 a la fecha resulta suficientemente disruptivo para plantear la necesidad de entender el futuro más desde los modelos prospectivos que como una extensión de los patrones previos, especialmente al introducir a los gobiernos de algunos países como agentes determinantes en las decisiones de inversión de las empresas. La revisión de tendencias e incertidumbres presentada brinda a los lectores elementos para dar seguimiento a la evolución del sector y anticipar escenarios de

cambio, por lo que para cerrar este informe, se incluye un análisis en torno a las razones por las que se considera que la cadena de suministro de los semiconductores se encuentra en un punto de inflexión, tanto por motivaciones pertinentes al mercado como por razones geopolíticas que generan un escenario de alta complejidad, que requiere ser comprendido para la toma de decisiones en torno a las expectativas y estrategias de participación en el sector.

La caracterización de modelos de gobernanza de la cadena de valor y de gobernanza para la toma de decisiones estratégicas son elementos de peso que en conjunto con las tendencias presentadas permiten la identificación de oportunidades de inserción en la cadena y los factores más importantes a considerar en el proceso de promoción y atracción de inversiones. En el último apartado de este informe se presenta las recomendaciones de política para mejorar las posibilidades de países de la región ALC en las cadenas de valor con base en puntos críticos identificados.

Es pertinente señalar que, sobre todo a partir de fechas recientes, la información estadística y descriptiva del sector es abundante y detallada, particularmente en lo concerniente a las potencias del sector, por lo que los retos para la elaboración de este informe se centran en la selección de datos pertinentes, la construcción de argumentos que integren información de diversas dimensiones o ejes temáticos y el análisis de lo que implica para las naciones de Latinoamérica y el Caribe. El reporte publicado en mayo del 2024 por Boston Consulting Group (BCG) y la Semiconductor Industry Association (SIA) titulado *“Emerging resilience in the semiconductor supply chain”* (BCG y SIA, 2024) el referente para los datos más actualizados disponibles.





## 2. TÉRMINOS Y ANTECEDENTES

### 2.1 CONCEPTOS BASE

Este apartado<sup>1</sup>, como se ha mencionado en la introducción brinda elementos al lector que no es especialista en la industria de los semiconductores para la comprensión de la naturaleza y uso de los dispositivos semiconductores y de la forma en que la industria se estructura y evoluciona. El término semiconductor se deriva de la propiedad de materiales tales como el silicio, germanio, arseniuro de galio y otros compuestos químicos para comportarse como un interruptor dinámico de la electricidad de forma prácticamente instantánea, lo que permite realizar funciones lógicas fundamentales para las operaciones de procesamiento computacional. Un transistor es el componente de menor complejidad a ser llamado “semiconductor” por su capacidad de realizar operaciones lógicas, como se visualiza en la Figura 1.

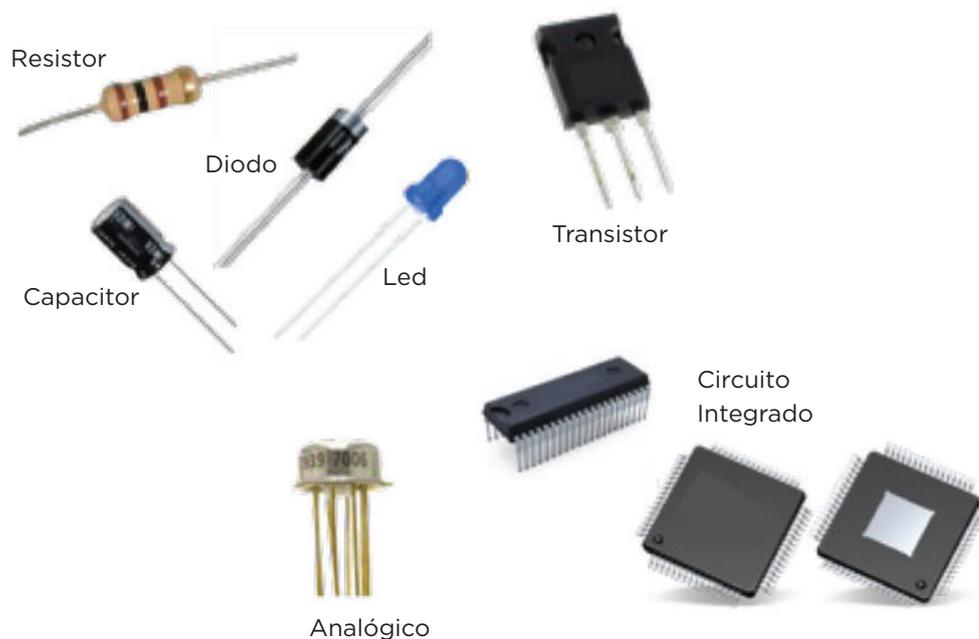
En el campo de los componentes electrónicos se contemplan otros dispositivos de mayor simplicidad como los resistores, capacitores, diodos, inductores y LED's (Diodos Emisores de Luz), insumos también en el campo de la producción de artículos electrónicos, a estos dispositivos se les suele llamar Componentes Pasivos o Discretos por no generar señales o salidas de poder; en un sentido estricto no poseen capacidad de semiconducción, se les clasifica también como “componentes analógicos”, en conjunto con los transistores como componentes individuales (Figura 1). Para fines estadísticos de valor y volumen de producción en algunos casos los componentes pasivos pueden aparecer incluidos como parte de la industria de semiconductores.

1. Elaborado con información de AMD (2020), Investopedia (2020) y conocimiento previo del consultor.

Un circuito integrado (IC) es un circuito electrónico diseñado sobre un material semiconductor; un IC está compuesto por una serie de transistores, en sus primeras versiones en la década de los 60's y 70's un IC contenía miles de transistores; en la actualidad algunos llegan a contener decenas de miles de millones de transistores (Figura 1). Los Circuitos Integrados también se llaman de manera coloquial "chips" o "microchips".

Un microprocesador es un circuito integrado dedicado a realizar operaciones lógicas y matemáticas, por ende, son componentes que trabajan a altas velocidades, son altos consumidores de energía, su función no incluye el almacenamiento de información, lo que corresponde a chips de memoria. Los microcontroladores son circuitos integrados que combinan microprocesadores, chips de memoria y dispositivos de entrada y salida de datos.

**Figura 1.**  
Ilustración de referencia sobre tipos de componentes electrónicos / semiconductores

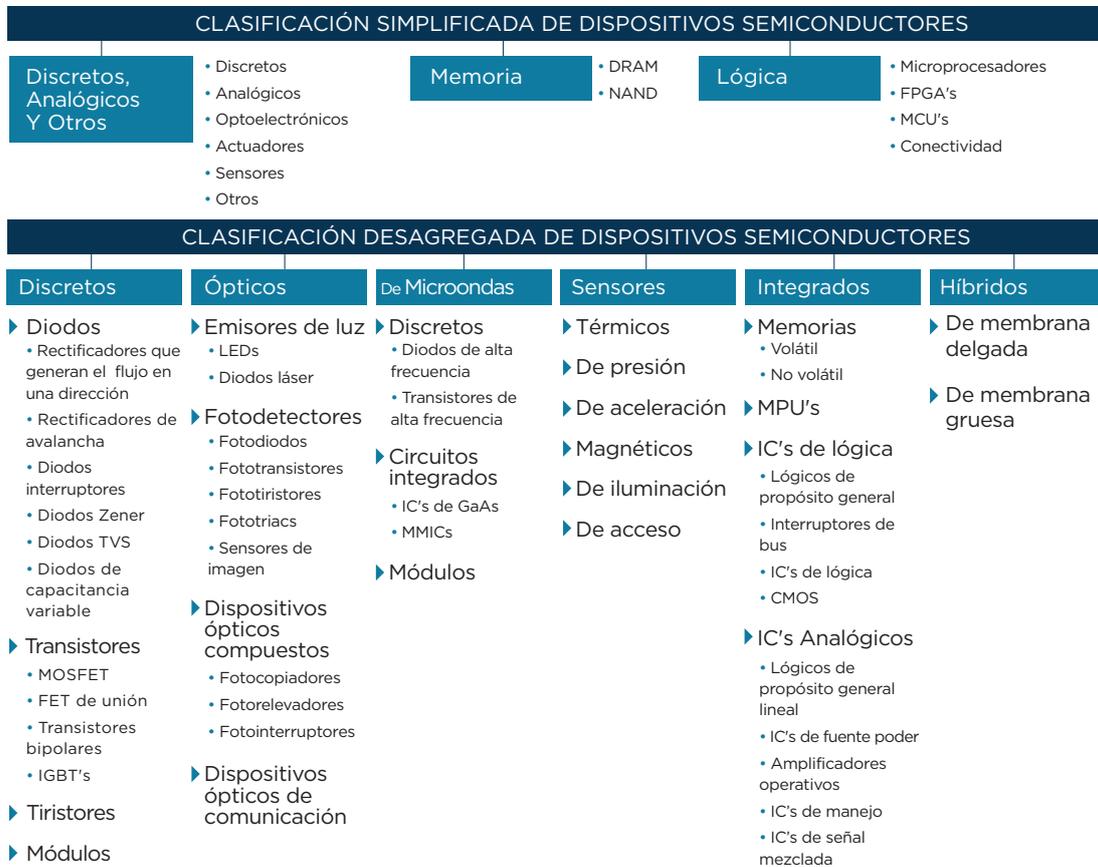


Fuente: Elaboración propia.

Para todos los fines prácticos, el término semiconductores permite cubrir la amplia diversidad de componentes a los que este reporte hace referencia y es el término de más amplio uso para el caso que se analiza. Las taxonomías utilizadas en la industria para clasificar los semiconductores no se encuentran del todo estandarizadas, usualmente se podrá encontrar más de 30 categorías de aplicación de estos componentes, sin embargo, algunas versiones simplificadas permiten una mejor comprensión de la segmentación acorde a la naturaleza funcional de los mismos, como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2.**

Esquemas ilustrativos de categorización de tipos de semiconductores



Fuente: Clasificación simplificada basada en BCG y SIA (2021) y clasificación desagregada basada en Toshiba (2018).

Nota: (\*) Los ICs analógicos, también llamados lineales, no son de alto grado de sofisticación, tienden a utilizarse para aplicaciones donde se requieren ciclos repetitivos de funciones o transiciones de señales a formatos digitales, por su relativa simplicidad, evolutivamente no han seguido la Ley de Moore, sin embargo, su aplicación permite dar solución a múltiples necesidades en el campo de la electrónica, resultando ser de bajo costo y de uso extensivo.

Considerando que en la actualidad los semiconductores se han vuelto la materia prima fundamental para impulsar la innovación de una inmensa cantidad de sectores e industrias, todas las categorías y tipos de semiconductores se vuelven esenciales para mantener las dinámicas de la economía.

## 2.2 ORIGEN HISTÓRICO

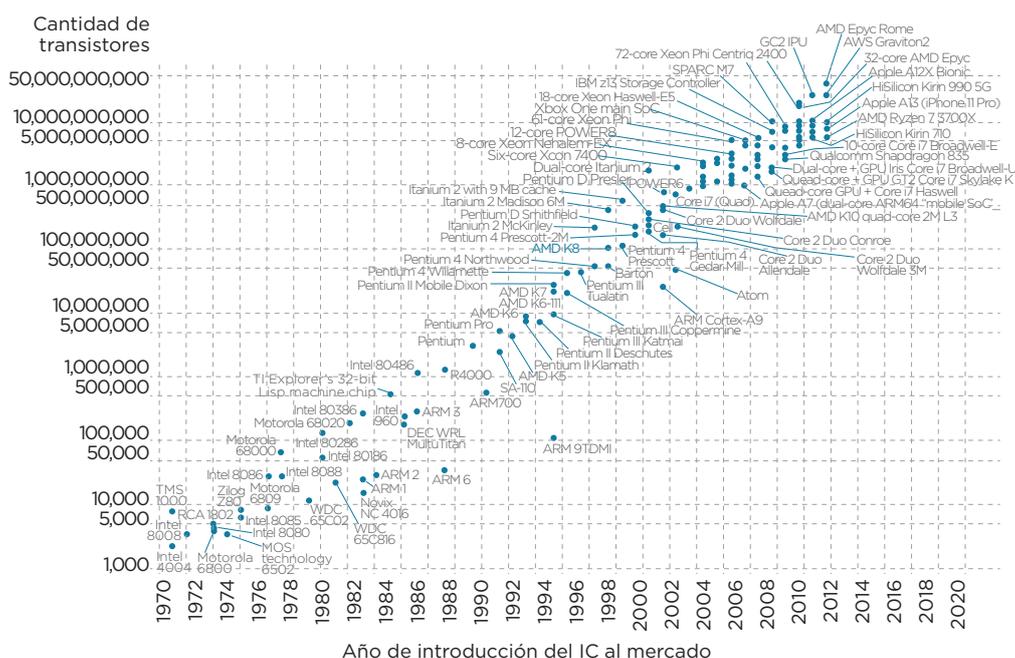
Diversas fuentes señalan al microprocesador modelo Intel C4004 como el primero en la historia desarrollado para fines comerciales, el cual fue utilizado hacia el año de 1971 como componente de una calculadora capaz de realizar entre 60.000 y 92.000 operaciones por segundo aproximadamente y con una capacidad de memoria de

640 bytes. A pesar de que desde los años 20 del siglo pasado se intentaba desarrollar microcircuitos que integraran múltiples transistores, no fue sino hasta el año de 1958 cuando Jack Kilby desarrolla el concepto para el primer Circuito Integrado en un sustrato de silicio para Texas Instruments, haciéndolo merecedor del premio Nobel de Física en el año 2000. Este primer semiconductor fue adquirido inicialmente por la Fuerza Aérea de los EE. UU., sin embargo, a pesar de su novedad y mérito técnico, este primer IC presentaba dificultades para ser fabricado por tratarse de una combinación de componentes en un sustrato y cables conectores externos (denominado por ello IC híbrido).

Medio año después del logro del desarrollo de Jack Kilby, Robert Noyce de Fairchild Semiconductor (empresa creada en 1957, que después de 3 transacciones de compra - venta es ahora propiedad de ON Semiconductor) desarrolla el primer circuito integrado sobre un sustrato de silicio, introduciendo un transistor individual en el diseño (llamado IC monolítico). Para fines de fabricación del IC desarrollado por Noyce, se utilizó el denominado “Proceso planar”, creado en 1959 y que es el fundamento de los sistemas de producción de semiconductores hasta el día de hoy. En los años iniciales de producción (entre 1961 y 1965), el programa Apollo de la NASA fue el cliente principal de estos circuitos integrados.

Posteriormente, Gordon Moore quien se desempeñaba como ingeniero para Fairchild Semiconductor, notó que la empresa había logrado integrar cuatro transistores en un mismo circuito integrado a partir de la primera iteración de 1958 y que ese número había aumentado hasta 60 transistores para el año de 1965. En una entrevista para la revista Electronics Magazine en el mismo año, al ser consultado hacia dónde pensaba que se dirigía la industria, hizo un cálculo rápido extrapolando el ritmo existente de desarrollo de la época y pronosticó un aumento en la integración de 60 a 60.000 transistores en un periodo de 10 años; en otras palabras, al ser exponencial, el número de transistores en circuito integrado se debería duplicar cada dos años. Con el paso de los años, la industria terminó reconociendo esta estimación como la “Ley de Moore” (véase Figura 3), ya que pronosticaba de manera acertada la trayectoria de crecimiento exponencial con la que la tecnología de los semiconductores se desarrollaba.

**Figura 3**  
Ley de Moore: El número de transistores en los microchips se duplica cada dos años



Aunque fue revisada y ajustada en múltiples ocasiones en los siguientes años, la Ley de Moore no solo predijo el increíble crecimiento en el poder de cómputo, sino que terminó siendo una especie de profecía autocumplida; si resultaba cierto que los semiconductores mejoraban exponencialmente con el tiempo, entonces el invertir exponencialmente altas cantidades de dinero y capital humano para acelerar el crecimiento valdría la pena también. Como dogma de fe, esta creencia ha permitido generar una de las más complejas industrias en el mundo con miles de compañías altamente especializadas.

En la actualidad, los expertos del sector se cuestionan hasta cuando seguirá teniendo validez la Ley de Moore, especialmente porque a partir del año 2010 la curva de crecimiento exponencial se había atenuado, sin embargo, para el año 2018 los avances en procesos masivos de manufactura han permitido retomar el paso de crecimiento. El avance tecnológico en materia de los semiconductores permite que hoy en día un teléfono inteligente por sí solo tenga mayor capacidad de procesamiento que las computadoras utilizadas por la NASA para el aterrizaje del Apollo 11 en la luna en 1969, e inclusive mayor capacidad de almacenamiento de información que un servidor promedio de un centro de datos en el año 2010 (BCG y SIA, 2021). En 1968, Robert Noyce y Gordon Moore fundaron la empresa NM Electronics, que más tarde se convertiría en Intel Corporation, la empresa más grande del mundo en la industria de semiconductores al cierre del año 2020.

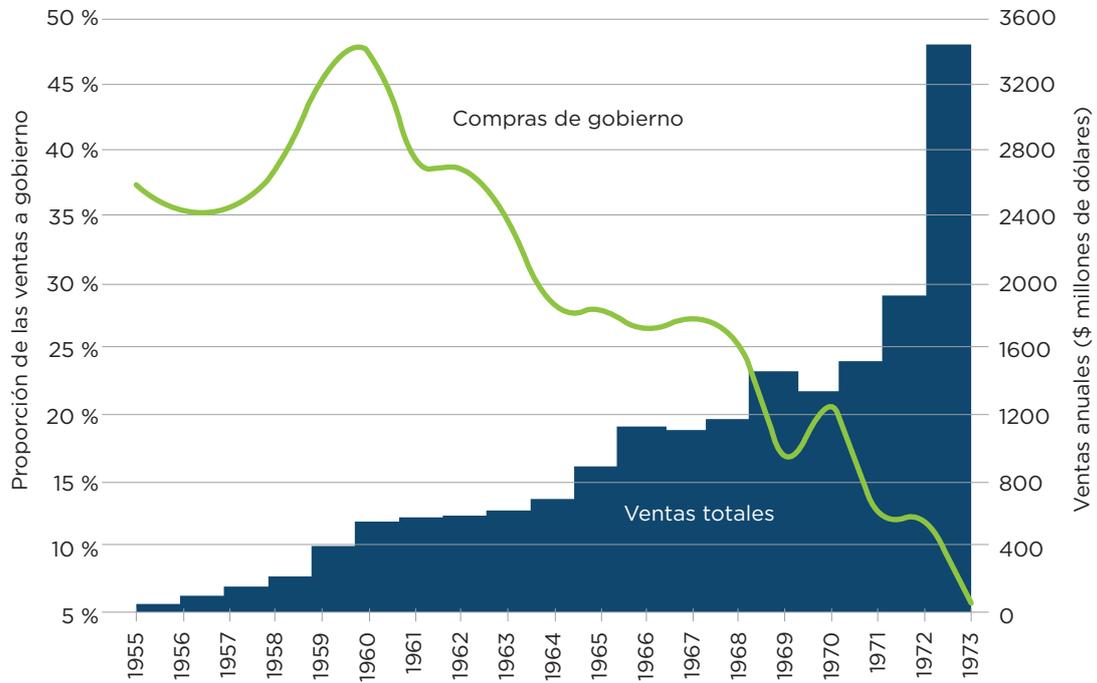
La historia refleja como empresas originarias de los EE.UU. utilizaron el avance científico y tecnológico de sus tiempos para innovar; las empresas de mayor tamaño en esta industria emergente maduraron capacidades de manufactura para ser más eficientes y alcanzar mayores volúmenes de producción. Ante esta industria creciente y prometedora, el gobierno de los EE. UU. además de implementar una combinación de políticas públicas en materia industrial y científica utilizó su capacidad de compra para dar factibilidad financiera a los desarrollos. El gobierno también implementó regulaciones para impulsar una transferencia de conocimiento adecuada entre empresas, siendo que por ejemplo los contratos del Departamento de la Defensa requerían que al menos dos empresas produjeran los semiconductores que adquiría, dando pie a un ecosistema dinámico y competitivo (Employ America, 2020).

Con el paso de los años, esta industria eminentemente originaria de los EE. UU. creció en tal escala que la demanda generada por el gobierno representaba solo una porción minoritaria del mercado, como se observa en la Figura 4. Eventualmente los intereses militares y de la industria enfocada en las aplicaciones comerciales empezaron a divergir y el modelo de apoyo gubernamental a la industria de los semiconductores en los EE.UU. se centró en la política científica que priorizaba la investigación y desarrollo (I+D) en el país, causando que la propia industria impulsara la relocalización de capacidades de manufactura en otras regiones de menor costo.

El resultado de la dispersión global de una compleja cadena de suministro tiene sentido desde la perspectiva financiera al lograr economías de escala y especialización que comparadas con la concentración de operaciones en una sola región genera ahorros del orden de USD 0,9 a 1,2 miles de millones en inversión en activos por empresa, USD 45 a 125 miles de millones en eficiencias y 35 a 65% de reducción en el costo de los semiconductores fabricados (Raj Varadarajan, 2021).

**Figura 4**

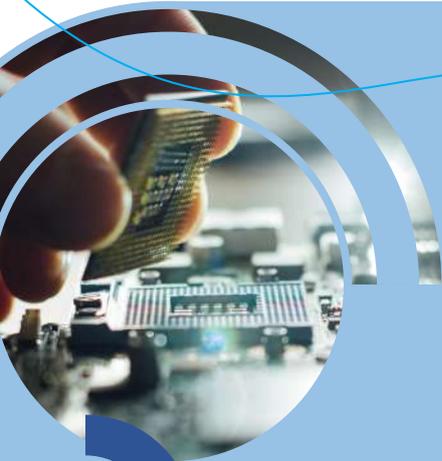
Ventas totales de semiconductores por empresas estadounidenses



Fuente: Employ America (2020) con datos de ICE Semiconductor.

Simultáneamente otras naciones como Japón incursionaron en la industria de los semiconductores empleando el modelo de desarrollo de los EE. UU. y posteriormente otras naciones tanto europeas como del continente asiático siguieron los mismos pasos, incluido Taiwán, que hoy dominan la capacidad de manufactura global y China que acelera su desarrollo de capacidades en materia de I+D.





### 3. LA INDUSTRIA DE MICROPROCESADORES Y SEMICONDUCTORES EN EL MUNDO SEMICONDUCTORES



#### 3.1 EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS

Especialmente para los EE.UU. , surge desde la década pasada una preocupación ante la potencial pérdida del liderazgo en la industria de los semiconductores causada por el propio modelo de fragmentación de la cadena productiva, la captura de valor y conocimiento por los países asiáticos, fenómeno que puede resultar difícil de revertir ante la masa crítica que se viene generando por naciones como China. Una dura lección aprendida en este sentido es que centrar la prioridad en la I+D desvinculado de la capacidad para producir conduce eventualmente a la reducción de la velocidad y potencial de innovación, además de otros impactos

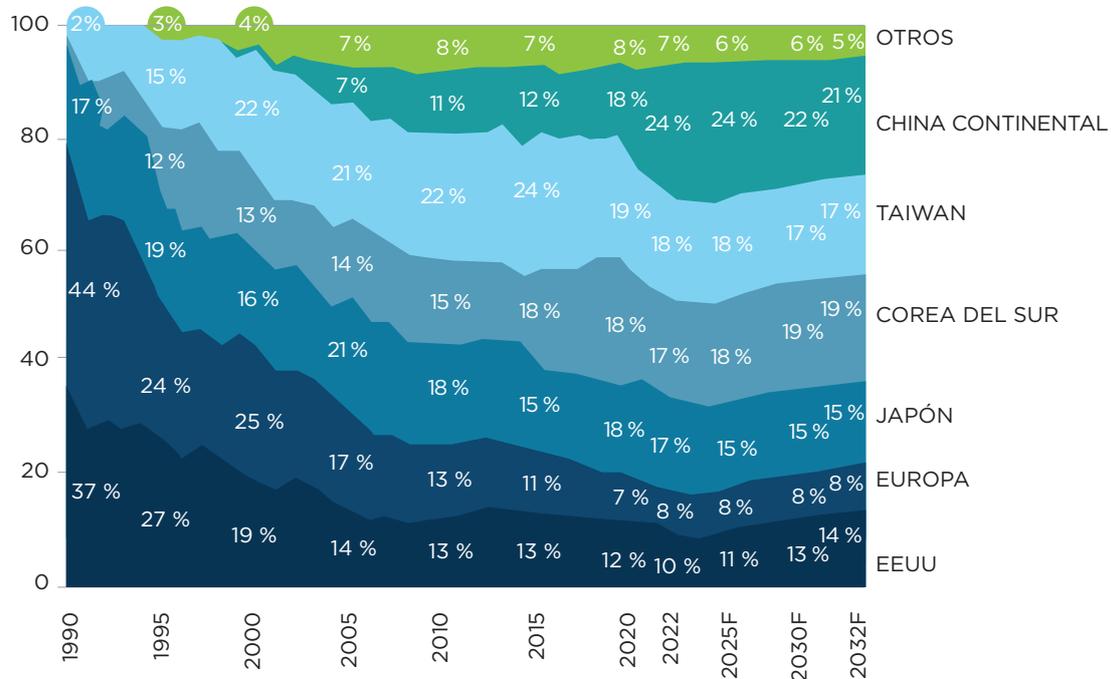
EE. UU. ha dado paso a lo largo de varias décadas a un proceso de desindustrialización que ahora se busca revertir desde el gobierno federal; si bien esto se manifiesta en sectores diversos considerados como estratégicos, incluido el automotriz y la industria metalúrgica, un caso especial es el de los semiconductores, no solo por la capacidad de ser estos dispositivos los habilitadores tecnológicos más persistentes en múltiples sectores, sino por su estrecha relación con la seguridad nacional (impacto en la balanza comercial, aplicaciones militares, dependencia / soberanía tecnológica, usos en telecomunicaciones, avance en la inteligencia artificial, por mencionar los principales).

Este proceso de reacción de los Estados Unidos tiene resonancia con las estrategias de China para continuar impulsando su desarrollo y búsqueda del liderazgo económico mundial, que a su vez genera preocupaciones y acciones homólogas en Europa bajo motivaciones de ser en alguna medida partícipe en la cadena de valor y no tener una total dependencia tecnológica en la materia.

En la Figura 5 se ilustra como con el paso del tiempo la capacidad de manufactura de semiconductores en los EE.UU. ha ido a la baja como proporción del total global, mientras que en los países asiáticos la tendencia es al alza.

**Figura 5.**

Capacidad global de producción de semiconductores comerciales de 200mm+ por región



Fuente: BCG y SIA con datos de SEMI (2024).

Otros incluye: Malasia, Singapur, India y el resto del mundo

Notas: Errores de redondeo. Todos los valores en equivalentes a wafers de 300 mm (12”); excluye capacidades debajo de 5 kwpm o en obleas de menos de 8”.

La reacción de los EE.UU. para revertir la tendencia de consolidación de capacidades en Asia se ha vuelto un tema estratégico en la agenda nacional, tal como se establece en el plan para generar resiliencia y revitalizar cadenas de suministro de la Casa Blanca (White House, 2021) y la derivación del denominado CHIPS and Science Act en 2022 también en los Estados Unidos, así como programas homólogos en otros países del mundo. Ante este escenario, se plantea la interrogante sobre las posibilidades de las naciones de ALC para insertarse en la cadena de valor.

En lo que respecta a ALC, nunca se han tenido operaciones de fabricación de semiconductores de gran escala en la región, únicamente actividades relacionadas al diseño, como ha sido el caso de Intel en Jalisco, México y de empaque y prueba, como lo son los casos de Skyworks e Infineon en Baja California, México y de Intel en Costa Rica. El caso de CEITEC como empresa brasileña es un reflejo de la complejidad para empresas originarias de mantenerse a la vanguardia tecnológica y participar en las cadenas globales de valor, especialmente cuando no se dispone de ecosistemas maduros de soporte. Algunas actividades de soporte relacionadas a herramientas e insumos han acompañado a estas actividades productivas en la región. En lo que respecta a materias primas (en estado básico o semiprocesado) no se tiene participación.

## 3.2

### SEMICONDUCTORES, UNA INDUSTRIA COMPLEJA

La complejidad de la industria parte desde la naturaleza misma del concepto de un material que conduce y no conduce electricidad con base en determinadas condiciones de señales o estímulos exteriores recibidos, en la capacidad de integrar miles de millones de componentes que realizan funciones en fracciones de segundo y otros aspectos de la extensión de la cadena de suministro que se han mencionado previamente.

A fin de disponer de una mejor comprensión sobre las dimensiones de la complejidad en la escala industrial de manufactura de semiconductores se consideran cuatro ejes descriptivos de la misma representados en la Figura 6.

**Figura 6**

Dimensiones de complejidad en la industria de los semiconductores

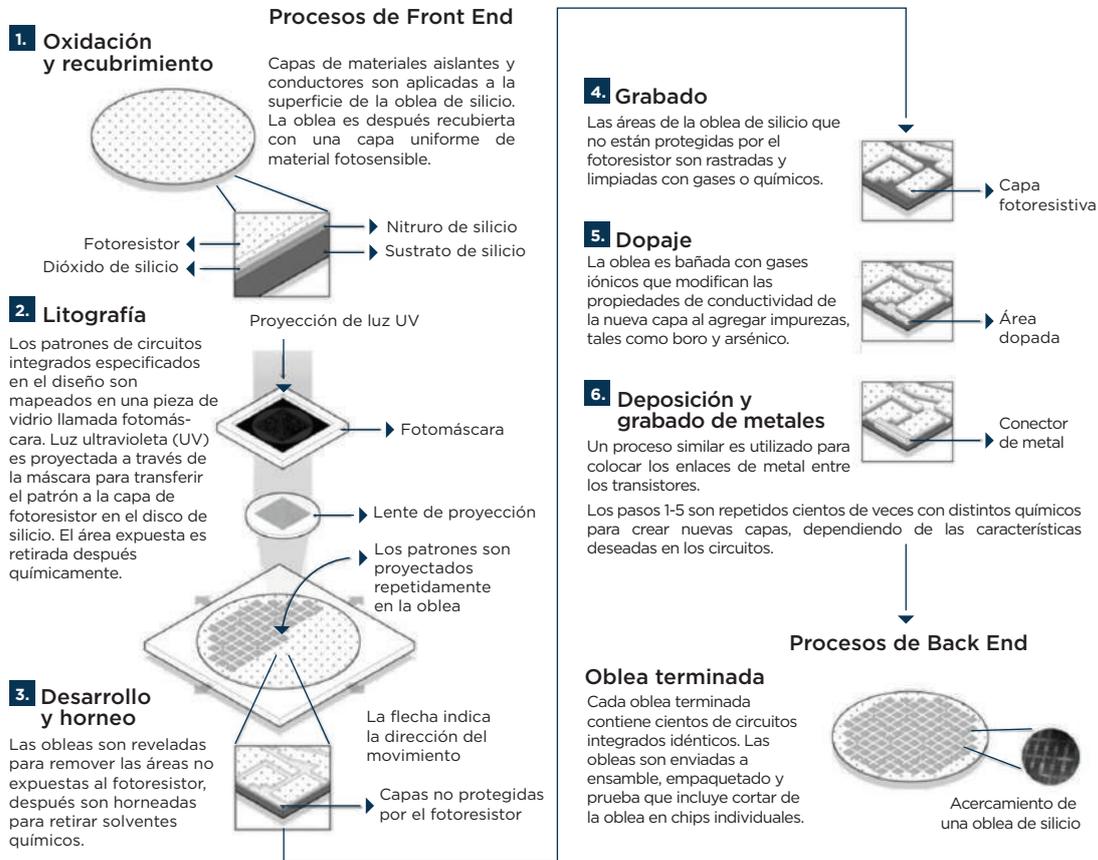


Fuente: Elaboración propia.

De manera generalizada, como se muestra en la Figura 7, la fabricación de semiconductores se categoriza en dos etapas, la primera asociada a la fabricación de obleas con circuitos integrados como producto intermedio, que resulta ser la más intensiva en capital y comúnmente referida como *Front End*, y la segunda, asociada al encapsulado (o empaque) y prueba de los semiconductores como producto terminado, comúnmente referida como *Back End*, que si bien es altamente tecnicada, no se compara en el nivel de inversión del *Front End*.

**Figura 7**

Ilustración del proceso general de manufactura de semiconductores



Fuente: Bloomberg (2021a), con información de BCG, SIA y Gartner.

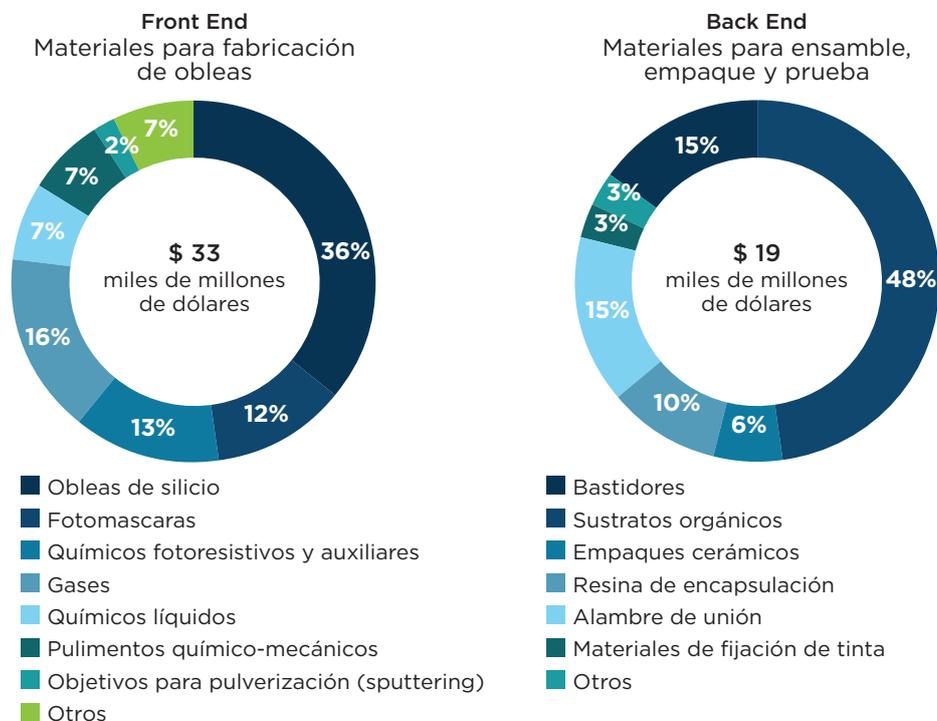
### 3.3

## COMPLEJIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTRO

La cadena de suministro dispone de hasta 300 distintos insumos conjuntamente para el *Front End* y *Back End*, que incluyen obleas de silicio, químicos genéricos, químicos de especialidad y gases, suministrados por proveedores especializados que se localizan en diferentes países del mundo, como se muestra en el Gráfico 1, a continuación.

### Gráfico 1.

Composición de tamaño de mercado de materiales para la fabricación de semiconductores (2019)



Fuente: BCG y SIA (2021).

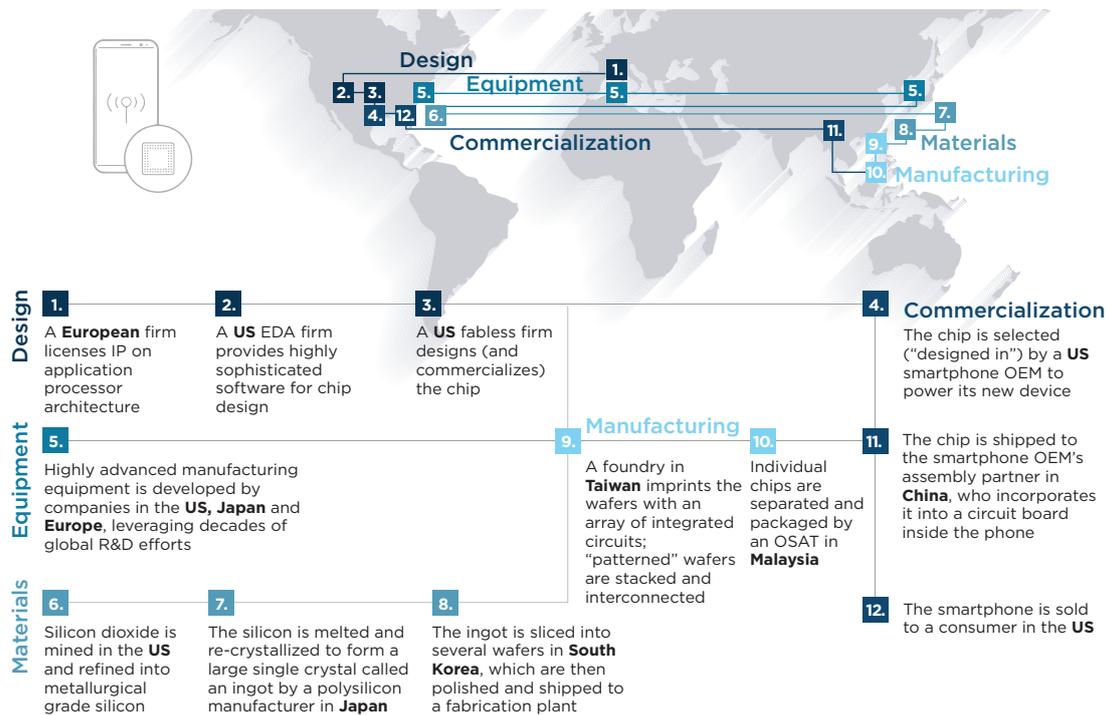
Como referencia del nivel de especialización requerida para algunos proveedores, en el caso del polisilicón empleado en el proceso de fabricación de las obleas, se requiere que este tenga un nivel de pureza 1.000 veces más alto que el requerido en la fabricación de paneles solares y es suministrado esencialmente por cuatro empresas que abarcan más del 90% del mercado (BCG y SIA, 2021). Un caso más el de la resina utilizada en el proceso de encapsulado de circuitos integrados donde la empresa dominante a nivel global es Sumitomo Bakelite Co., Ltd. originaria de Japón y cuyas cuatro plantas de producción se localizan en Asia (Kyushu, Singapur, China continental y Taiwán) (Sumitomo Bakelite Co., 2015).

La cadena de suministro asociada a la fabricación de semiconductores es relativamente cerrada, las materias primas clave utilizadas (tierras raras, silicio en alto grado de pureza, lingotes de silicio, por ejemplo) no son empleados por otras industrias; lo mismo sucede con los equipos de fotolitografía de extrema ultra violeta por ejemplo, que se emplean únicamente para fabricar semiconductores de alta tecnología y que en su nivel más sofisticado son solo producidos por una empresa en el mundo. Esta imposibilidad de diversificación sectorial de los proveedores clave de la industria, y en muchos casos que dichos proveedores solo disponen de un número limitado de clientes en el mundo, implica un fuerte riesgo y dependencia para los proveedores, tipificada por ende como de “Proveedores cautivos”.

Esta fragmentación y dispersión genera la necesidad de transportar los componentes alrededor del mundo; al tratarse de bienes poco voluminosos y de alto valor, los costos logísticos no impactan de manera significativa. La Figura 8 que se presenta a continuación ejemplifica el nivel de globalidad de la cadena de valor de los semiconductores, considerando la dependencia en capacidades especializadas que se localizan en diferentes áreas geográficas.

**Figura 8**

Ejemplo: El viaje global de un procesador para teléfono inteligente



Fuente: BCG y SIA (2021).

Notas: Propiedad Intelectual (IP); Automatización del diseño electrónico (EDA); Fabricante de equipo original (OEM); Subcontratista de Ensamble y empaque de semiconductores (OSAT).

De acuerdo con BCG y SIA (2021), en cierta medida, la industria de semiconductores sigue un patrón de localización que se asemeja al de la industria electrónica, manteniendo concentraciones de I+D con gran presencia en los EE.UU., operaciones de manufactura en China, incluido Taiwán, y con presencia en Europa y Japón para la producción de equipo industrial, así como en Corea del Sur con fuertes lazos a los teléfonos inteligentes y otros productos electrónicos de consumo (BCG y SIA, 2021).

A pesar de ello, la industria toma en consideración otros factores para la localización de operaciones, tales como las redes globales de I+D que incluyen a empresas multinacionales, universidades e instituciones, la especialización de las regiones en determinados eslabones de la cadena que presupone la existencia de conocimiento y la apertura al comercio internacional que facilite el desplazamiento de activos tangibles e intangibles (BCG y SIA, 2021).

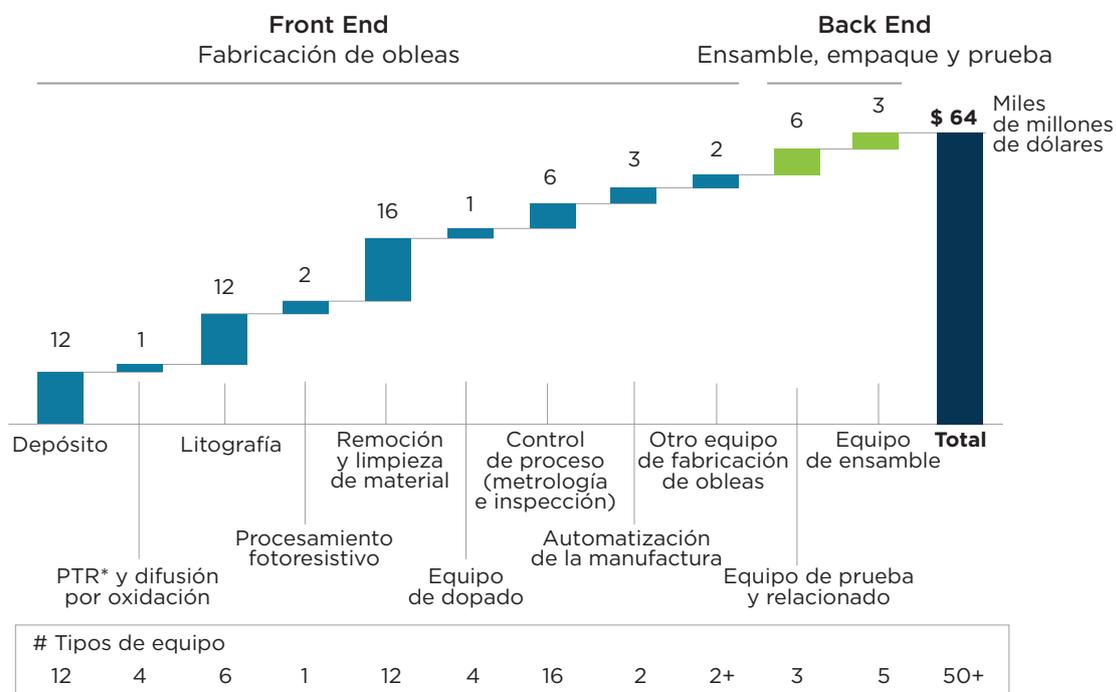
### 3.4

## LA COMPLEJIDAD EN MATERIA DE TECNOLOGÍA DE PROCESO

El rubro de maquinaria (tecnologías de proceso), segunda dimensión considerada para efectos del análisis de la complejidad de esta industria está compuesto por cerca de 50 categorías de equipo industrial de alta precisión y tecnología. El mercado de equipo de manufactura altamente avanzado es atendido en la actualidad primordialmente por empresas de los EE.UU., Japón y Europa, que han logrado un dominio tecnológico tras décadas de inversión en I+D. El Gráfico 2 ilustra la proporción de la inversión en bienes de capital en los procesos de fabricación de obleas (*Front End*) y de ensamble, empaque y prueba (*Back End*) respecto a una inversión total característica.

### Gráfico 2

Composición de tamaño de mercado de equipo para la fabricación de semiconductores por principales familias (2019)



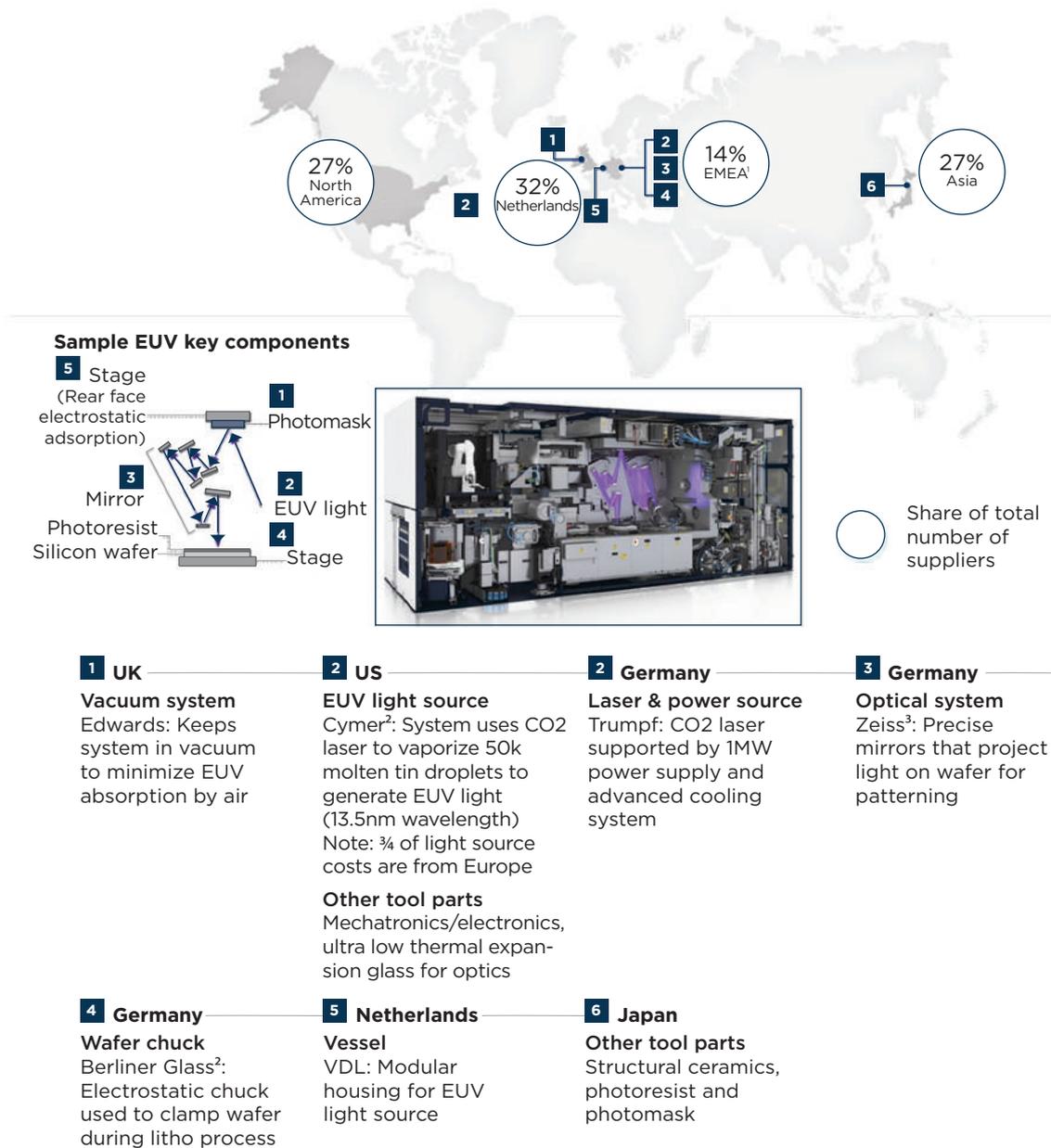
Fuente: BCG y SIA (2021), con datos de Gartner.

Los equipos de litografía representan una de las inversiones más fuertes de capital para quienes fabrican semiconductores; los equipos más avanzados para este proceso permiten fabricar componentes más pequeños y de mayor tecnología, estos pueden costar del orden de USD 380 millones por cada máquina<sup>2</sup>. Por su parte, los fabricantes de equipo para manufactura de semiconductores típicamente invierten entre el 10 y 15% de sus ingresos en I+D, lo que les permite mantener un ritmo de desarrollo a la par del avance de la industria de semiconductores. De manera similar a la fabricación de semiconductores, la producción de equipos especializados para su manufactura requiere de la integración de capacidades de múltiples empresas especializadas en disciplinas como la óptica, la automatización y la electrónica que se localizan en diversas naciones desarrolladas (véase Figura 9).

2. Precio de lista de una máquina de litografía High-NA Twinscan EXE fabricada por la empresa ASML.

**Figura 9.**

Ejemplo: Un equipo de litografía ultravioleta extrema (EUV) integra componentes de una red global de más de 5.000 proveedores



Fuente: BCG y SIA (2021).

### 3.5

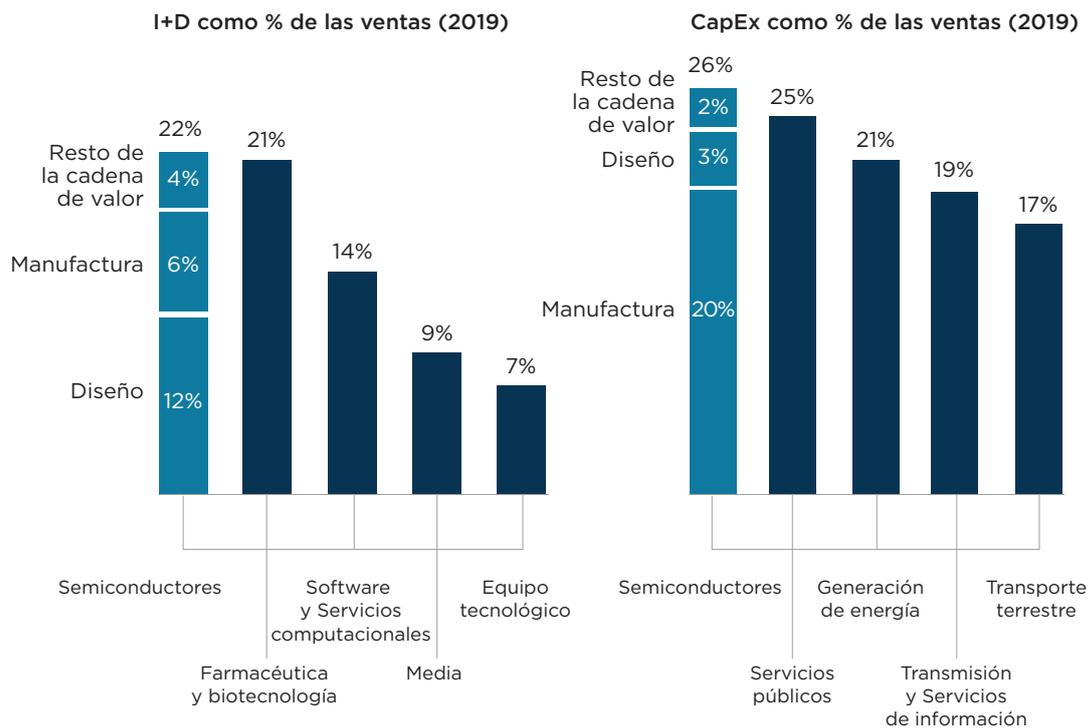
## ALTA DENSIDAD DE INVERSIÓN EN BIENES DE CAPITAL E I+D

Dada la complejidad de diseño y manufactura de los semiconductores, la tercera dimensión se relaciona con los altos niveles de inversión en bienes de capital, estimados

para el año 2019 en el orden de USD 110 mil millones y de inversión en I+D, estimados en USD 90 mil millones, ambas cifras a nivel global (Gráfico 3). En conjunto estas cifras representan el equivalente a cerca del 50% de las ventas de semiconductores para dicho año. Considerando la suma de ambos conceptos, ninguna otra industria mantiene dicho nivel de reinversión sobre sus ventas, esto genera la necesidad de grandes escalas de producción y especialización con el fin de generar un retorno financiero.

### Gráfico 3.

La industria de los semiconductores se coloca arriba simultáneamente en el mundo en intensidad de inversión en I+D y bienes de capital



Fuente: BCG y SIA (2021).

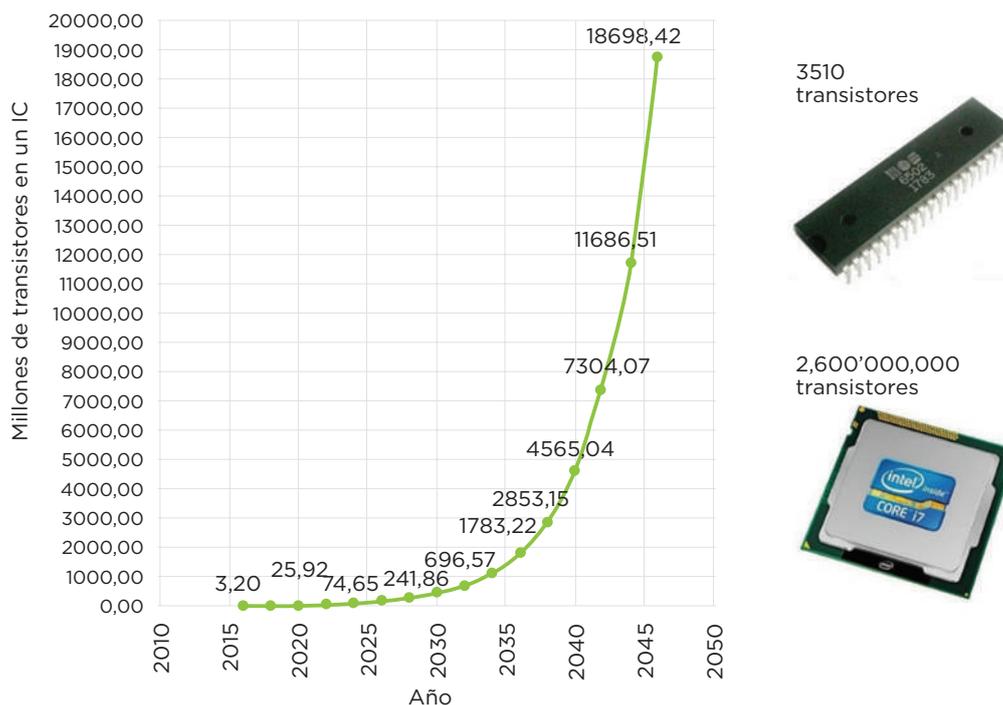
Como componente central de las medidas de los Estados Unidos para retomar el liderazgo de esta industria, mediante la CHIPS and Science Act se asignaron USD 38.2 mil millones de incentivos via la denominada CHIPS Program Office (CPO) para proyectos de manufactura de semiconductores en los Estados Unidos, más USD 11 miles de millones adicionales dirigidos a fortalecer las capacidades de investigación y desarrollo, lo que incrementa las inversiones en los años más recientes.

En los Estados Unidos se ha dado un acompañamiento y complemento de programas de incentivos por parte de los propios estados (en particular Colorado, Nueva York, Arizona, Texas, Oregón y California), así como en otras naciones, especialmente China, Taiwán, Corea del Sur, Japón, así como de la Comunidad Económica Europea.

En términos de la cuarta dimensión de complejidad, relativa a la miniaturización de componentes en la industria de semiconductores, esta se asocia al nivel de avance tecnológico, pues a menor tamaño de semiconductor mayor nivel tecnológico. En contraste el tamaño de oblea progresa con el paso del tiempo hacia formatos de mayor tamaño que permitan fabricar un mayor número de piezas a la vez.

Considerando que en el diseño del microcircuito se integrarán tantos transistores como sea necesario para el desarrollo de las funciones intencionadas, y teniendo como referencia lo que se ha comentado previamente, los microprocesadores de más reciente generación integran más de 30.000 millones de transistores en un solo componente, el tamaño de los transistores resulta determinante en el tamaño final del semiconductor empacado como se muestra de ejemplo en la Figura 10.

**Figura 10.**  
Densidad de transistores por circuito integrado



Fuente: El-Aawar y Sous (2019) y Crosley (2019).

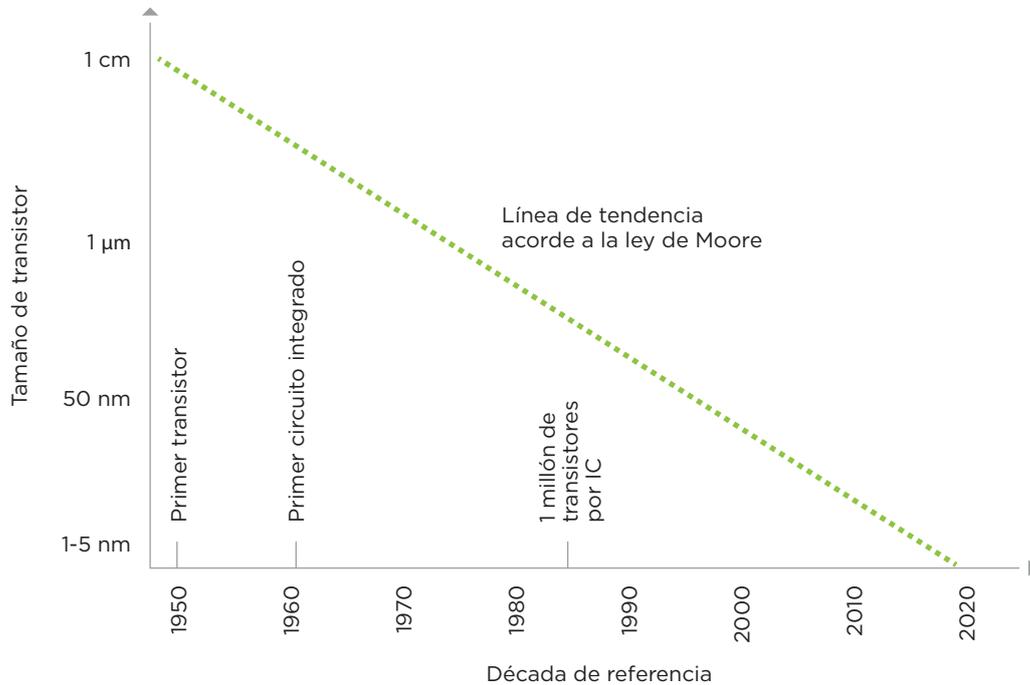
### 3.6 MINIATURIZACIÓN DE COMPONENTES

La escala de medición de los transistores es nanométrica, un nanómetro (nm) es una millonésima parte de un metro; un cabello humano, por ejemplo, tiene aproximadamente 60.000 nanómetros de espesor. En la actualidad, la tecnología más avanzada en uso para la fabricación de semiconductores se encuentra en el nivel de los 7nm (desde abril del 2017), de los 5nm (desde finales del 2018), de los 3nm (desde 2022), y la empresa TSMC se encuentra en una fase final de desarrollo tecnológico para poner en operación su fábrica número 20 en 2025 con capacidad de producir componentes a la escala de 2nm (denominada tecnología 2N); este progreso refiere a la Ley de Moore, véase Figura 11.

En términos del avance de la técnica para la manufactura, se considera que esta escala impone un límite con las premisas actuales de equipo de fabricación, por lo que el salto hacia la escala de 1 nm requiere a su vez un salto tecnológico de los sistemas productivos, especialmente en los equipos de EVU, proceso actualmente liderado por las empresas ASML (originaria de los Países Bajos) y TSMC en su implementación (originaria de Taiwán) (Alonso, 2021).

**Figura 11.**

Relación del tamaño de transistor respecto al tiempo con base en la Ley de Moore



Fuente: Pokropivny et al. (2007).

La posibilidad de integrar circuitos más complejos en un IC más compacto es especialmente valiosa en aplicaciones como las de un teléfono móvil, una tableta digital y una computadora portátil por las respectivas restricciones de espacio, por los requerimientos de procesamiento intensivo de datos y debido a la multifuncionalidad de dichos dispositivos. El uso de transistores de menor escala dimensional también se encuentra asociado a menor consumo de energía y menor generación de calor, lo que abona a la comodidad, portabilidad y mayor duración de la batería de los dispositivos (González, s.f.).

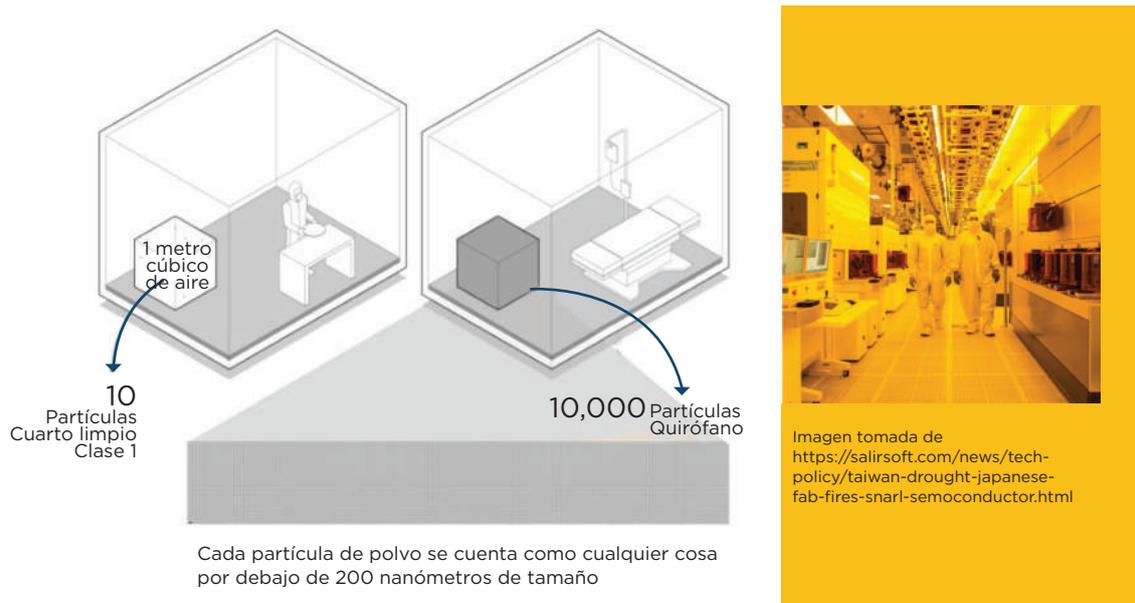
Es de esperarse también que estos componentes tengan un mayor valor unitario, dada la funcionalidad y avance tecnológico que los respalda, lo cual puede dar viabilidad a las fuertes inversiones en I+D e infraestructura y equipo antes mencionadas que se amortizan con los altos volúmenes de producción de productos electrónicos de consumo que usualmente suelen tener una vida útil inferior a los 3 años, tal como es el caso de los teléfonos celulares, en contraposición por ejemplo con la maquinaria industrial, los automóviles y los sistemas de cómputo para los negocios.

El espectro de tamaño de transistores con los que se fabrican semiconductores actualmente es amplio y obedece tanto al tipo de aplicación (procesamiento, memoria y otros), como al mercado al que se destina (telefonía celular, cómputo, automotriz, maquinaria y otros). A cada rango dentro del espectro se le conoce con el nombre de nodo y agrupa una serie de equipos característicos y reglas de diseño aplicables, tal como se observa en la Figura 12.



En lo que respecta al avance tecnológico en los procesos de fabricación, la escala de los semiconductores implica altos niveles de automatización y exactitud en el manejo de materiales y componentes, control de partículas suspendidas en el aire para evitar contaminación (cuartos limpios de alto nivel), así como equipo de medición y prueba preciso, y continuamente calibrado, como se ilustra en la Figura 14.

**Figura 14.**  
Ilustración del ambiente controlado para la fabricación de semiconductores



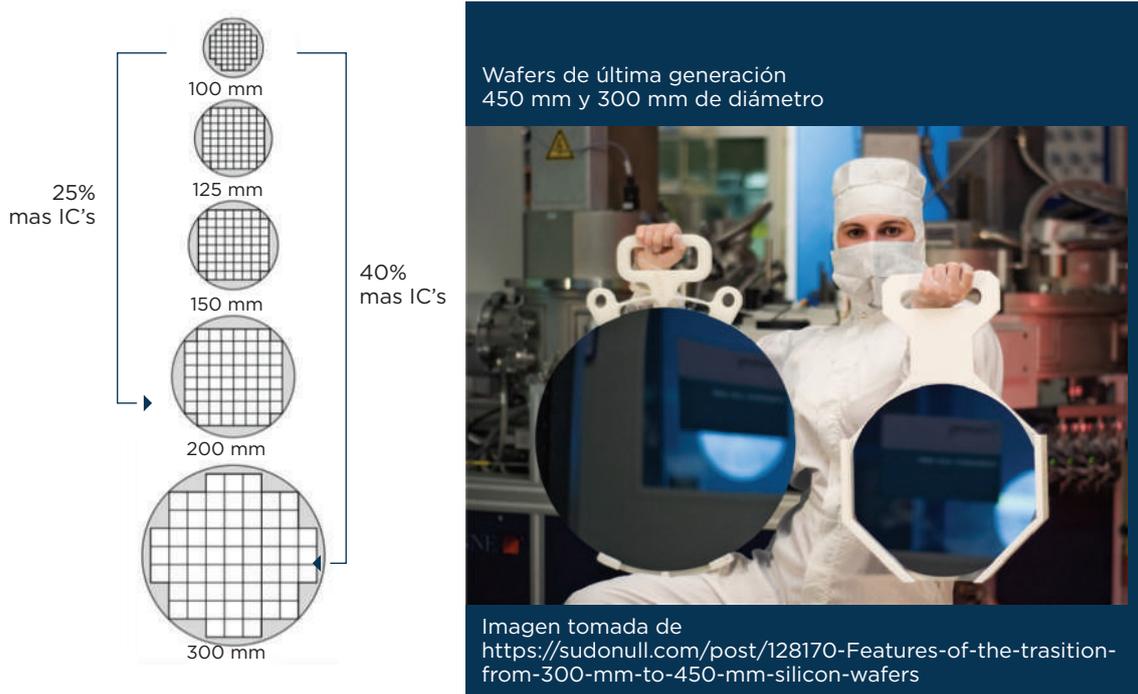
Fuente: Bloomberg (2021a) con datos de ASML.

En términos generales se considera que la escala más básica para una planta de fabricación de semiconductores con capacidad de producir 50.000 obleas al mes operando 24 horas al día, 7 días a la semana, requeriría de una inversión mínima de USD 15 mil millones, la mayor parte en la compra de equipo especializado, sin embargo cuando se trata de plantas de última generación, por ejemplo las recientes inversiones anunciadas en los Estados Unidos son de una escala superior: Micron en Nueva York USD 100 mil millones, TSMC en Arizona USD 65 mil millones, Samsung en Texas USD 40 mil millones, Intel en Ohio y Arizona USD 28 mil y 32 mil millones respectivamente.

El proceso de fabricación implica actividades de depósito y remoción de materiales por capas para dar forma a la estructura que conecta la serie de transistores en estos ambientes controlados en los que se manejan con precisión diversas variables como la temperatura, presión, campos eléctricos y magnéticos para disponer de obleas (*wafers*) como producto intermedio, que después será cortado y encapsulado (empacado) con el fin de darle su forma final y que pueda ser integrado a productos y aplicaciones por el cliente.

Adicionalmente a la escala de los transistores que la planta de manufactura puede manejar, el diámetro de la oblea o *wafers* es otro parámetro correlacionado con el nivel tecnológico, que con el paso de los años de desarrollo ha permitido incrementar dicha dimensión y en algunos casos elevar la productividad al obtener la mejor amortización del costo de manufactura por molde (véase Figura 15).

**Figura 15.**  
Tamaños estándar de *wafers* en la industria de semiconductores



Fuente: Elaboración propia.

El avance en la miniaturización de los semiconductores es un factor que evoluciona de manera relativamente independiente al tamaño de las obleas; los semiconductores más pequeños permiten mayor densidad de piezas por pulgada cuadrada en una oblea, pero también dan mayor versatilidad en las aplicaciones de espacio restringido como es el caso de los teléfonos celulares. Las obleas más grandes permiten integrar más semiconductores por pieza de sustrato, sin embargo, hacen que el proceso sea más complejo de controlar, por lo que, si bien la transición a nuevos estándares de mayor formato es impulsada por una reducción de costo de los semiconductores, la decisión de las empresas para hacer la actualización de plantas existentes no es tan simple. Para la empresa no solo es necesario cambiar algunos de los equipos de proceso para transformar las obleas y manipularlas, sino también el conjunto de moldes previamente existentes para fabricar determinado componente. Esto puede no resultar económicamente viable si el volumen y/o el precio del producto no lo justifica, si se trata de una tecnología que no presenta una tendencia de crecimiento o si hay incertidumbre respecto a la demanda futura.

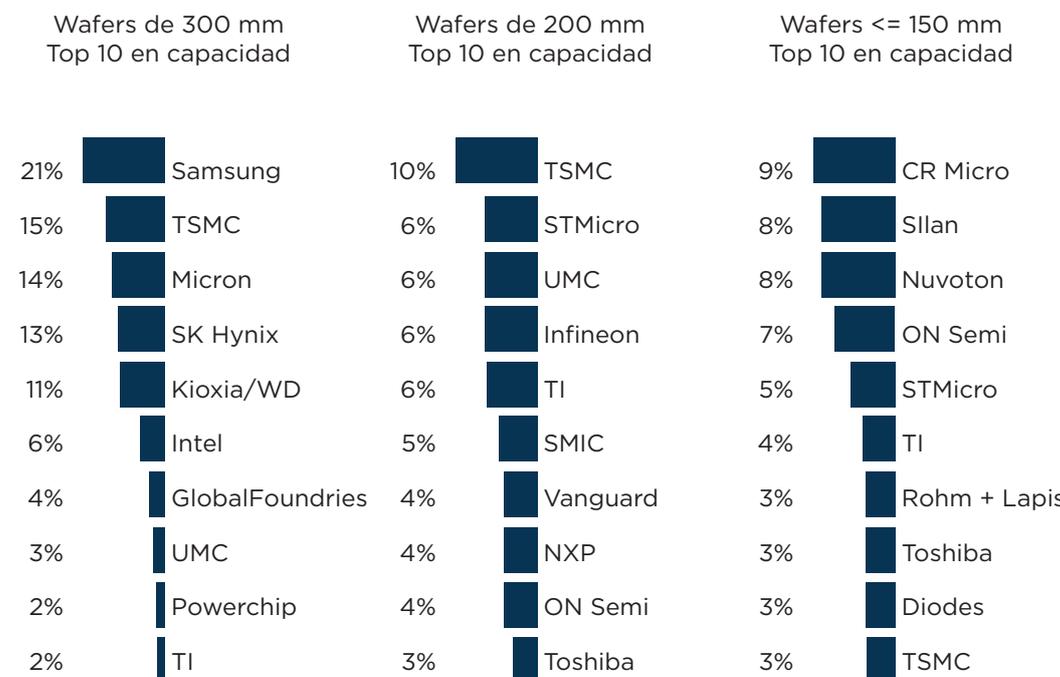
La transición de una planta de fabricar con obleas de 300mm a 450mm ofrece ahorros en el costo unitario de los semiconductores, sin embargo implica 30 a 100% de incremento en el costo de espacio para producción, técnicos de mantenimiento y equipo de automatización; significativos incrementos en el costo del equipo de litografía, así como reducción en el costo laboral. En el agregado, una actualización de este tipo requeriría inversiones de gran escala, lo que no resulta factible en todos los casos.

Ante el escenario actual, especialmente para los Estados Unidos lo que se observa es la construcción de nuevas plantas de fabricación y la combinación de nuevas inversiones con ampliación de operaciones de soporte existentes, incluidas las actividades de diseño.

Vale la pena resaltar que la escasez de semiconductores que se presentó a escala internacional durante la pandemia de COVID-19 corresponde en gran medida a semiconductores fabricados en obleas de 200mm. Existe una correspondencia relativa entre los tamaños de oblea y el tipo de semiconductor o su aplicación, esto corresponde primordialmente a una eficiencia en costo y volumen de producción.

Las obleas de 150mm o menos suelen emplearse para semiconductores de nicho de especialidad (bajo volumen) y de nodos relativamente antiguos, su participación es significativa en términos de capacidad instalada, pero su tendencia es a la baja. Las obleas de 200mm se consideran convencionales y ampliamente utilizadas, especialmente para aplicaciones medianamente demandantes como las automotrices y de electrónica de consumo. Las obleas de 300mm ofrecen un buen balance de eficiencia en costo de producción y se usan generalmente para aplicaciones que demandan alto volumen y para semiconductores avanzados. El segmento de 450mm es el que se encuentra en más rápido crecimiento con enfoque en semiconductores avanzados.

**Gráfico 4.**  
Capacidad instalada a diciembre de 2020 por tamaño de oblea



Fuente: IC Insights (2021).

Nota: El porcentaje de participación corresponde a la proporción sobre la suma de los 10 principales.

En el Gráfico 4 se observa que, para diciembre del 2020, la empresa TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, Limited), además de tener la mayor capacidad mundial de fundición, era la única empresa en el mundo con capacidades clasificadas entre las 10 principales en las tres categorías de tamaño de oblea, dispone de la mayor capacidad para una sola empresa en la categoría de 200mm y el segundo lugar en la categoría de 300mm después de Samsung (IC Insights, 2021), lo cual en la actualidad, presumiblemente se ha enfatizado y TSMC ocupa el primer lugar en todas las categorías, dado que capta más del 50% del mercado.

La lista además permite identificar que en la categoría de 300mm se incluyen fundamentalmente empresas fabricantes de memorias (Samsung, Micron, SK Hynix y Kioxia/WD), empresas contratistas de fundición (TSMC, Global Foundries, UMC y Powerchip) e Intel. La categoría de 200mm está conformada por empresas contratistas de fundición y fabricantes de ICs analógicos/mixtos y microprocesadores; mientras que la categoría de 150 mm o menos se conforma por una mezcla de empresas, en la cual aparecen algunas de origen chino, fabricantes de componentes de poder, discretos y analógicos/mixtos.

El dominio de TSMC se debe al liderazgo tecnológico que se ha traducido a un alto desempeño y a su modelo de negocio, en el cual no participa en actividades de diseño, por lo que consolida la confianza de múltiples clientes que no ven amenazada su propiedad intelectual y que al sumar las demandas elevan las economías de escala de TSMC.

### 3.7 EL MERCADO GLOBAL DE LOS SEMICONDUCTORES

El Gráfico 5 muestra que con un valor del orden de los USD 611 mil millones para el cierre del año 2024 y una tasa de crecimiento de 16% respecto al año previo (SIA, 2024), la industria de semiconductores se coloca como el segmento de mayor tamaño dentro de la industria electrónica con aproximadamente una tercera parte del total, además de ser el segmento históricamente más rentable.

**Gráfico 5.**  
Ventas globales de semiconductores por año



Fuente: SIA (2024).

De acuerdo con la organización *World Semiconductor Trade Statistics* (WSTS), y como puede observarse en la Tabla 1, en el año 2024 se considera de un fuerte repunte para el mercado de los semiconductores, y un año 2025 con un crecimiento sustancial de doble dígito también.

(World Semiconductor Trade Statistics, 2024).

**Tabla 1.**

Proyecciones del crecimiento del mercado de semiconductores para 2024 y 2025 de acuerdo a WSTS

2024	<b>19% de crecimiento respecto a 2024</b> <b>Mercado global valuado en USD 627 mil millones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta dinámica en el sector computacional</li> <li>- Segmento de memoria con alto crecimiento del 81%</li> <li>- Segmento lógico con crecimiento del 16.9%</li> <li>- Declinación en los segmentos de discretos, optoelectrónicos, sensores y analógico.</li> <li>- El crecimiento será impulsado primordialmente por las regiones de las Américas (38.9% de crecimiento) y Asia Pacífico (17%)</li> <li>- Japón exhibe un moderado crecimiento del 1.4%, mientras que Europa decrece en un 6.7% en demanda.</li> </ul>
2025	<b>11.2% de crecimiento respecto a 2024</b> <b>Mercado global valuado en USD 697 mil millones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El crecimiento se espera que se deba a los segmentos de memoria y lógico que representarán en conjunto más de USD 400 mil millones.</li> <li>- Otras categorías o segmentos también observarán crecimiento, sin embargo, será moderado (inferior al 10%).</li> <li>- Se espera que todas las regiones incrementen el consumo, primordialmente las Américas y Asia Pacífico.</li> </ul>

Fuente: World Semiconductor Trade Statistics (2024).

En términos del comportamiento por categoría y segmento de aplicación, seguiremos la categorización planteada por la Semiconductor Industry Association y Boston Consulting Group en su más reciente reporte (BCG y SIA, 2021), la Tabla 2 presenta la descripción de cada categoría, mientras que la Figura 16 ilustra la composición por segmento de mercado.

**Tabla 2**

Categorías generales y segmentos de aplicación de semiconductores

CATEGORÍA	COMPUESTA POR
LÓGICA 30% del valor agregado en 2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Microprocesadores: <b>Unidades de Procesamiento Central</b> (CPU's), <b>Unidades de Procesamiento Gráfico</b> (GPU's), Procesadores de aplicación.</li> <li>- Lógica de uso general: <b>Arreglos de matriz de puertas lógicas programable en campo</b> (FPGA's) y otros programables.</li> <li>- Microcontroladores: <b>Unidades de microcontrolador</b> (MCU's) para uso en autos, electrodomésticos y maquinaria, por ejemplo)</li> <li>- Productos de conectividad (módems, chips para Wifi o Bluetooth, redes, entre otros).</li> </ul>

MEMORIA 9% del valor agregado en 2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Memoria de Acceso Aleatorio Dinámico (DRAM)</b>: Memoria temporal para procesamiento utilizada en teléfonos móviles, computadoras y otros dispositivos.</li> <li>- <b>Memoria no volátil de estado sólido (NAND)</b>: Memoria que no requiere alimentación para mantener información, usada para almacenamiento de datos en tarjetas “Seguras Digitales” (SD) o discos de estado sólido.</li> </ul>
DISCRETO, ANÁLOGO Y OTROS (DAO) 17% del valor agregado en 2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discretos (Diodos, transistores, entre otros de función específica)</li> <li>- Analógicos (Reguladores de voltaje, de radiofrecuencia, entre otros)</li> <li>- Otros (Optoelectrónicos, actuadores y otros tipos de sensores, por ejemplo)</li> </ul>

Fuente: Esquema BCG y SIA (2021) con cifras de participación actualizadas según BCG y SIA (2024).

**Figura 16.**

Composición del mercado de semiconductores al cierre del año 2023

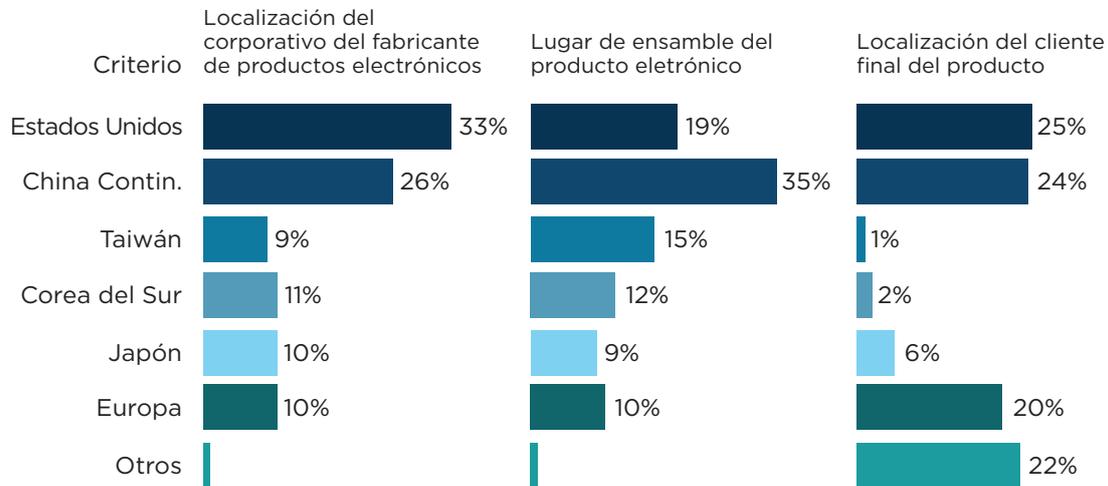
Categoría de usuario final						
	Comunicaciones	Cómputo	Automotriz	Bienes de consumo	Industrial	Gobierno
% de crecimiento anual	-1.8	-7.1	15.0	-31.9	-13.3	-45.0
Valor total miles de millones USD	169.2	140.0	90.1	54.8	72.1	5.0

Fuente: SIA (2024).

La demanda de semiconductores es un fenómeno globalizado, la proporción de abasto regional depende del punto desde el cual se genere la demanda, aspecto en el que tienen gran influencia los fabricantes de productos que utilizan semiconductores bajo el rol de integradores, cuya demanda es generada a su vez por el consumidor final (BCG y SIA, 2021). Esto resulta en al menos tres formas de contabilizar el lugar en que se genera la demanda de los semiconductores: (i) la localización (origen) del fabricante de productos electrónicos; (ii) la localización de la planta de manufactura que hará el ensamble de producto; y (iii) la localización del consumidor que adquiere el producto electrónico final, como se ilustra en el Gráfico 6. Estas lógicas generan cifras significativamente distintas. Entiéndase en todos los casos como “productos electrónicos” aquellos que integran semiconductores, sea cual sea su naturaleza.

### Gráfico 6.

Ventas globales de semiconductores por área geográfica (2019)



Fuente: BCG y SIA (2021) con datos de SIA, WSTS, Gartner e IDC.

China es el país que más semiconductores consume e integra a nivel global, también es la nación que más rápido ha crecido en los años recientes en el valor de exportación de semiconductores, sin embargo, considerando el valor de las ventas con base en el país donde se localiza el corporativo, más del 50% de las ventas globales corresponden a los Estados Unidos según el reporte de SIA (2024). Cambios en diferentes políticas en Estados Unidos desde 2022 encuentra orientada a revertir estas tendencias, como se explica más abajo.

Los semiconductores son el tercer producto de mayor importancia en el comercio internacional, solo después de los vehículos automotores y sus partes y los derivados del petróleo (Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard, 2023), nótese entonces que la transición hacia los autos eléctricos e e inteligentes, la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas, abonan a la tendencia de crecimiento en la demanda de semiconductores, por lo que podrían colocar a esta industria por encima de las otras en el mediano plazo.

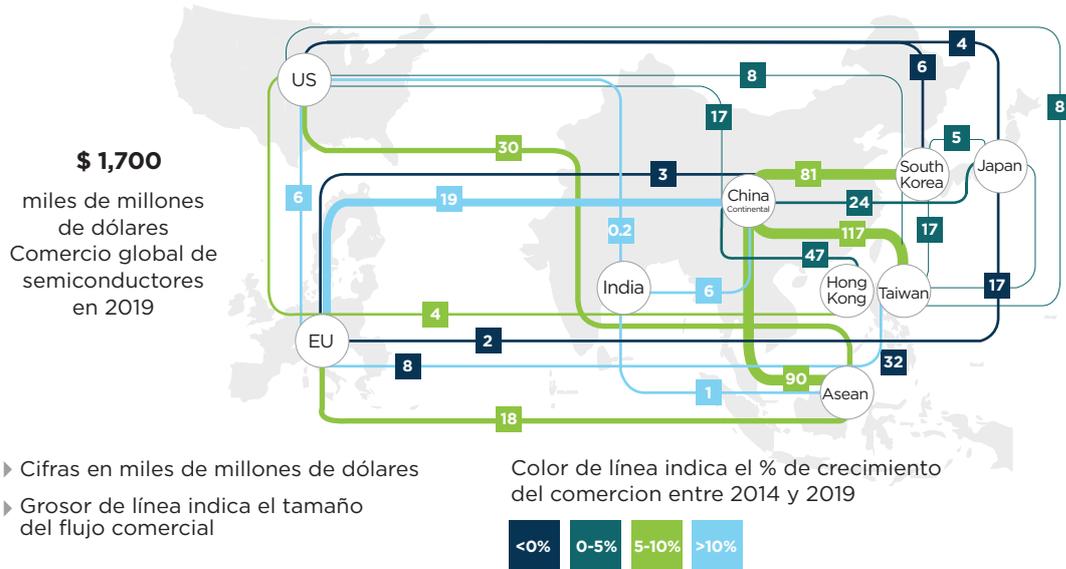
En términos económicos, como se muestra en la Figura 17, el flujo internacional de los semiconductores, y particularmente de los productos semiprocesados que los constituyen acumuló cifras en el orden de los USD 1.700 miles de millones en 2019. El comercio internacional de los semiconductores (y sus partes constitutivas) se facilita gracias al Information Technology Agreement, firmado ante la Organización Mundial de Comercio (OMC) en 1997 y posteriormente extendido en 2015. Este acuerdo busca promover el acceso a las nuevas tecnologías como una forma de mitigar el rezago tecnológico entre las naciones, con ello, los semiconductores gozan de un tratamiento arancelario preferencial que ha sido clave en el desarrollo de los mercados internacionales.

La propia industria refiere que esta dispersión global de la cadena de valor ha permitido a la industria tomar ventaja de las bondades de cada región y generar ahorros de entre el 35 y 60% del costo final de los semiconductores respecto de concentrar

en una sola región la totalidad de la cadena; esta ventaja en costo es especialmente importante cuando se trata de aplicaciones de bienes de consumo (automóviles, telefonía, electrodomésticos, cómputo), sin embargo cobra menor relevancia cuando se trata de aplicaciones críticas relacionadas con gobierno (defensa, sector espacial, infraestructura de telecomunicaciones, por ejemplo).

**Figura 17.**

Principales flujos internacionales en materia de semiconductores y sus partes constitutivas (2019)



Fuente: BCG y SIA (2021) con datos de IHS Global Trade Atlas y UN Comtrade.

Ante un escenario de polarización entre las posturas de EE.UU. y China, el mercado de los semiconductores se encuentra ante el riesgo de una fragmentación; por una parte, ciertas tecnologías (chips avanzados y maquinaria para su fabricación) se restringe para su venta a China como medida para frenar su avance tecnológico, China por su parte refuerza las inversiones para desarrollar capacidades que pudiera alcanzar en el mediano y largo plazo. Por su parte, el desarrollo de capacidades de producción en los Estados Unidos implica una mayor inversión y costo operativo respecto de China y Taiwán (10 a 20% en el costo final de la producción). Ante esto, las empresas de Estados Unidos podrían encontrarse ante un doble dilema: no tener acceso al mercado Chino, perdiendo dicha porción de sus ventas, y tener un costo mayor de producción por unidad, ambos aspectos abonan a una menor competitividad.

La administración del Presidente Biden en EE.UU. anunció en octubre de 2022 un paquete de sanciones y controles a la exportación de bienes relacionados a los semiconductores (restricción a la exportación de circuitos integrados avanzados y equipo de producción de semiconductores, así como la restricción de ciudadanos de EE.UU. y residentes a trabajar en fábricas chinas de semiconductores), mismas que tuvieron efectos de una drástica reducción de semiconductores de EE.UU. a China del orden del 60% y de equipamiento relacionado en un 40% para el año siguiente.

Por su parte China, por ejemplo, ha impuesto también restricción a importaciones de la empresa Micron cuando estén relacionados a infraestructura crítica y ha considerado

restringir la exportación de insumos (materias primas) clave en la producción de semiconductores. China también ha reducido en años recientes su demanda de semiconductores a la par que reduce su producción de electrónicos de consumo, cómputo y telecomunicaciones.

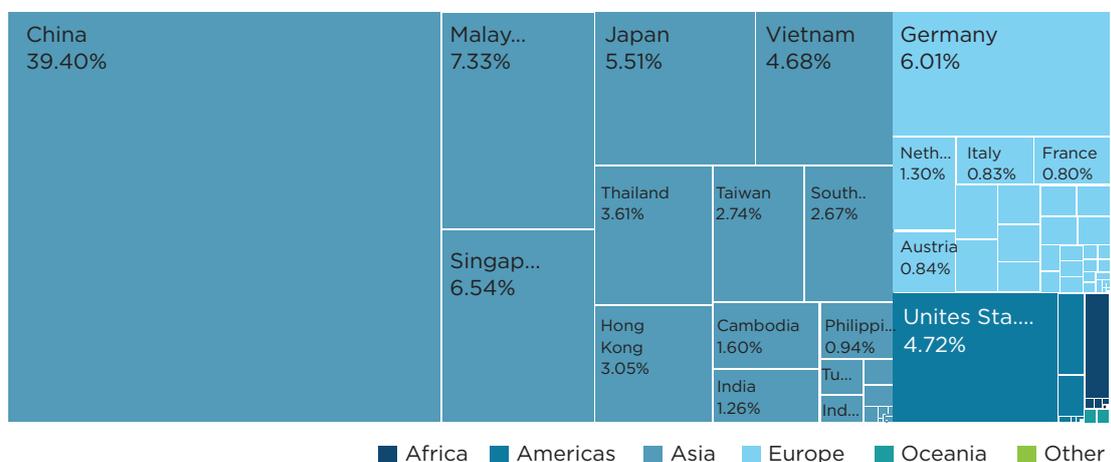
Lo que resulta evidente es que la tensión en torno a la industria de los semiconductores ha movilizado las inversiones tanto públicas como privadas de construcción de capacidades de manufactura, lo cual conlleva a un alza en la venta de equipo de fabricación relacionado que pudiera continuar aun hacia el año 2030 en un escenario de diferente distribución geográfica de la producción.

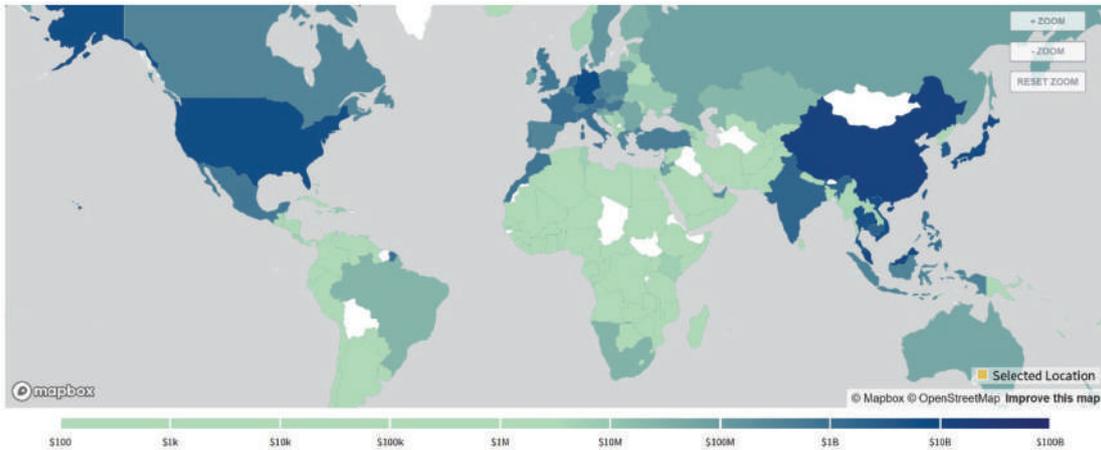
### 3.8 COMERCIO EXTERIOR

La vista al mercado de los semiconductores desde las cifras del comercio exterior permite identificar las relaciones entre los países para tener una perspectiva de las cadenas globales de valor, sin embargo, dado que se trata de un producto industrial intermedio, estas cifras no serán capaces de ilustrar el consumo interno de dispositivos que en el caso de naciones como China, Japón, Taiwán y Corea del Sur es altamente considerable. Tomando como referente el Atlas de Complejidad Económica de la Universidad de Harvard (2023), se presenta a continuación una serie de figuras ilustrativas de las dinámicas de flujo internacional de semiconductores en términos de valor de la mercancía y reflexiones puntuales sobre cada aspecto presentado.

Como se representa en la Figura 18, para el caso de las exportaciones, de un total de USD 140 mil millones de semiconductores para 2023, destaca drásticamente China con más de un tercio del total (39,4%), lo que representa un incremento de 6% respecto a 2019 y el total del continente asiático con el 80,34% del valor total (USD 112.5 miles de millones), un incremento de casi 5% versus 2019. Después del conglomerado asiático aparecen Alemania (6,01%) con una reducción de medio punto porcentual respecto a 2019 y EE.UU. (4,72%) con una reducción 1,5% respecto a 2019, estas como las demás naciones con cifras significativas en el volumen de exportaciones.

**Figura 18.**  
Comportamiento global de las exportaciones de semiconductores (2023)



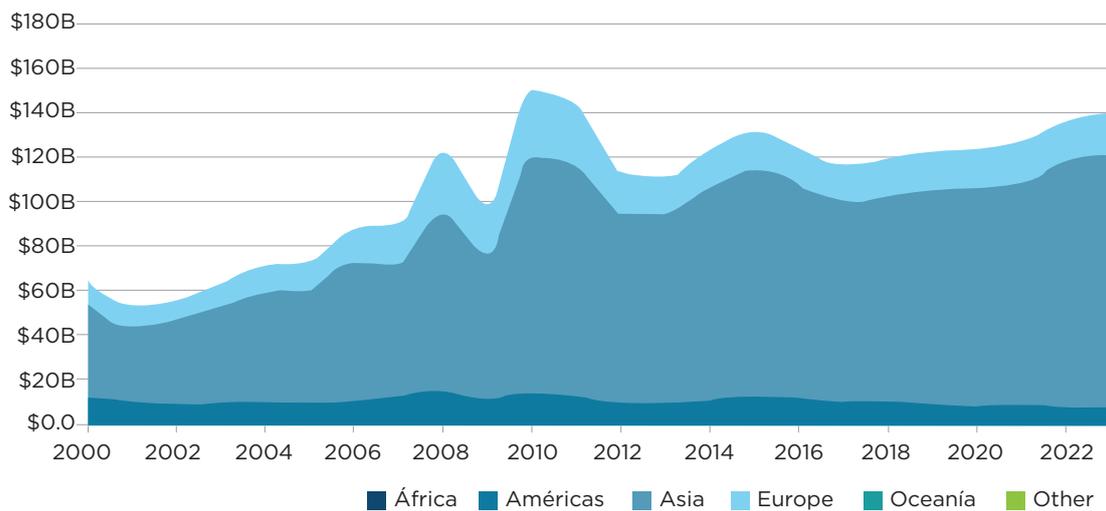


Fuente: Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard (2023).

En términos de naciones de ALC, ningún país alcanza el 1% de participación global; aparecen con mayores niveles de exportación México (0,49% del global), una reducción en la participación a poco menos de la mitad respecto de 2019, Brasil (0,17% del global), República Dominicana (0,007%), Costa Rica (0,004%), , para el resto la cifra es inferior a una milésima de punto porcentual. Los datos de las últimas dos décadas muestran con claridad el incremento asiático en el nivel internacional de exportaciones en al menos tres periodos, uno en torno al año 2010, el segundo hacia 2015 y otro más reciente entre 2021 y 2022. La gráfica también refleja la reducción en la participación en el valor de exportaciones de las Américas. (Figura 19).

**Figura 19.**

Tendencia de las exportaciones globales de semiconductores (2000-2023 a precios constantes)



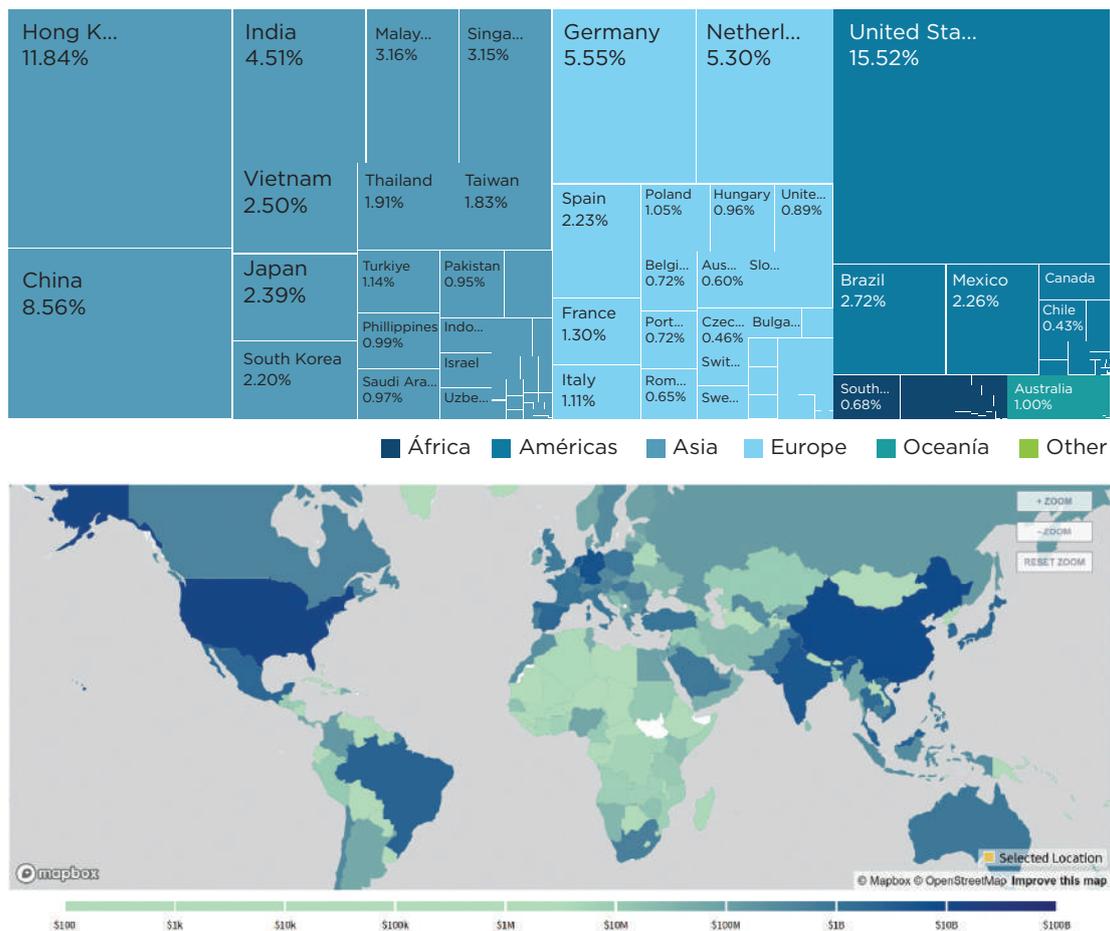
Fuente: Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard (2023).

Las cifras relativas a importaciones guardan una similitud en las proporciones entre continentes, con la salvedad de que Hong Kong (11,84% de las importaciones globales) rebasa proporcionalmente a China (8,56%) como principal importador; comparado

con 2019, ambas naciones redujeron su participación en las importaciones en un 4% y 6% respectivamente, EE.UU. se coloca como tercer lugar mundial en importaciones con un 15,52% del total mundial, incrementando en casi un 6% respecto a 2019. Respecto a las naciones de ALC, aparecen con mayores proporciones de importación Brasil (2,7%), México (2,26%), Chile (0,42%), Colombia (0,21%), Costa Rica (0,12%), Argentina (0,09%), República Dominicana (0,09%), Panamá (0,06%), El Salvador (0,03%), y otras naciones por debajo de dicha proporción (Figura 20).

**Figura 20.**

Comportamiento global de las importaciones de semiconductores (2023)

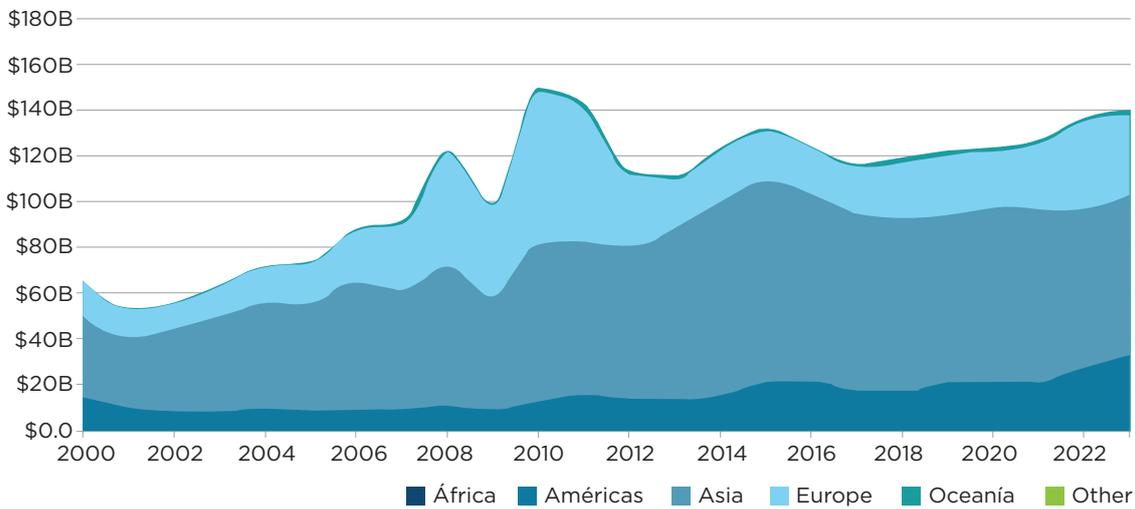


Fuente: Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard (2023).

Los datos de las últimas dos décadas muestran un crecimiento internacional de las importaciones con un salto por parte de Europa hacia los años 2010 - 2011, una estabilización en la composición en los años posteriores en la que dominan las importaciones asiáticas y un nuevo incremento a partir de 2021 en las Américas (véase Figura 21).

**Figura 21.**

Tendencia de las importaciones globales de semiconductores (2000-2023 a precios constantes)



Fuente: Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard (2023).

Considerando los niveles de participación en las exportaciones de los países de ALC, se presenta a continuación la composición y tendencia en el tiempo para los casos particulares de México, Brasil, República Dominicana y Costa Rica y como jugadores de mayor relevancia de la región en este sector.

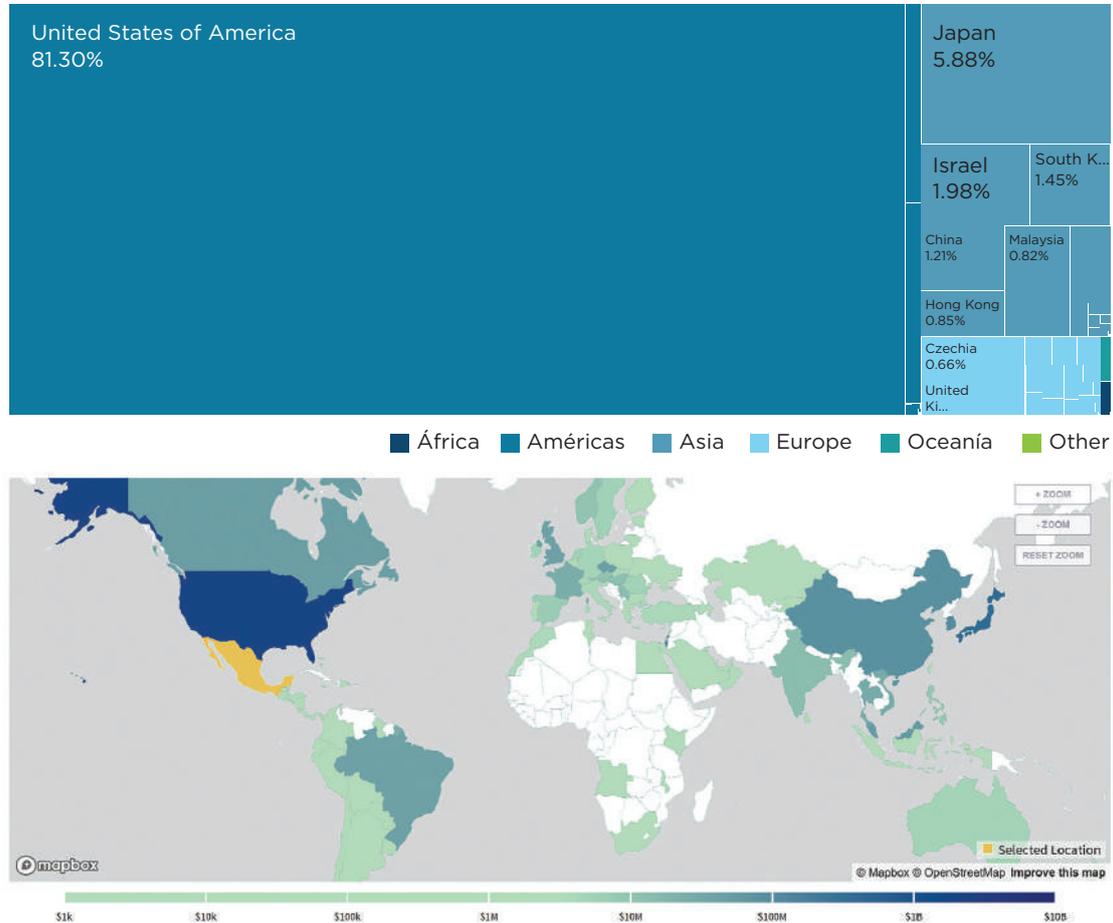
## MÉXICO

Tal como se representa en la Figura 22, México exportó en 2023 USD 690 millones en semiconductores (una reducción de casi el 24% respecto a 2019), de los cuales la mayor proporción fue destinada a los EE.UU. (81,3%), más de un 19% de incremento en la composición respecto a 2019, siguen en orden de destinos de mayor importancia Japón (5,88%), Israel (1,98%), Corea del Sur (1,45%), China (1,21%), , además de una serie de otras naciones a las que la proporción se coloca por debajo del 1%; llama la atención que en 2019 el 14% de las exportaciones de semiconductores de Mexico fueron a China mostrándose ahora una dramática caída, también presente en el caso de Alemania y Francia que en 2019 representaron el 5,9 y 3,2% de las exportaciones respectivamente.

En términos de transacciones de exportación a otras naciones de la región ALC, México destinó en 2023 a Brasil mercancías de este rubro por un valor de USD 4.3 millones, Argentina USD 235.000, Ecuador USD 102.000, Panamá USD 54.707, República Dominicana USD 56.250 y a otras naciones por valores inferiores a los USD 100.000.

**Figura 22.**

Comportamiento de las exportaciones de México en materia de semiconductores (2023)



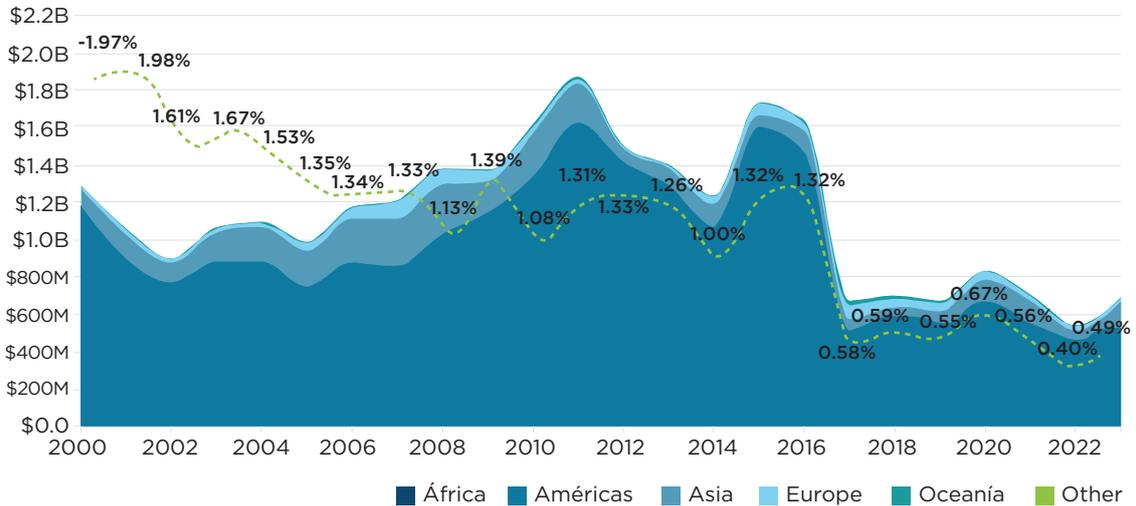
Fuente: Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard (2023).

La tendencia a través del tiempo a precios constantes refleja una pérdida significativa del volumen de exportaciones en general, inclusive al grado de colocarse para 2022 a un tercio del valor máximo alcanzado en 2011; en términos de la participación del mercado global la situación resulta aún más drástica, prácticamente colocándose a una cuarta parte en 2023 con un 0,49% respecto del nivel de 1,98% hacia 2001.

México guarda una mayor proporción de exportaciones a los EE.UU. que al resto de los países en el periodo observado, siendo naciones asiáticas las que caen en segundo término (Figura 23).

**Figura 23.**

Tendencia de las exportaciones de México en materia de semiconductores USD y porcentaje de participación en las exportaciones globales (2000-2023 a precios constantes)



Fuente: Elaboración con base en Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard (2023).

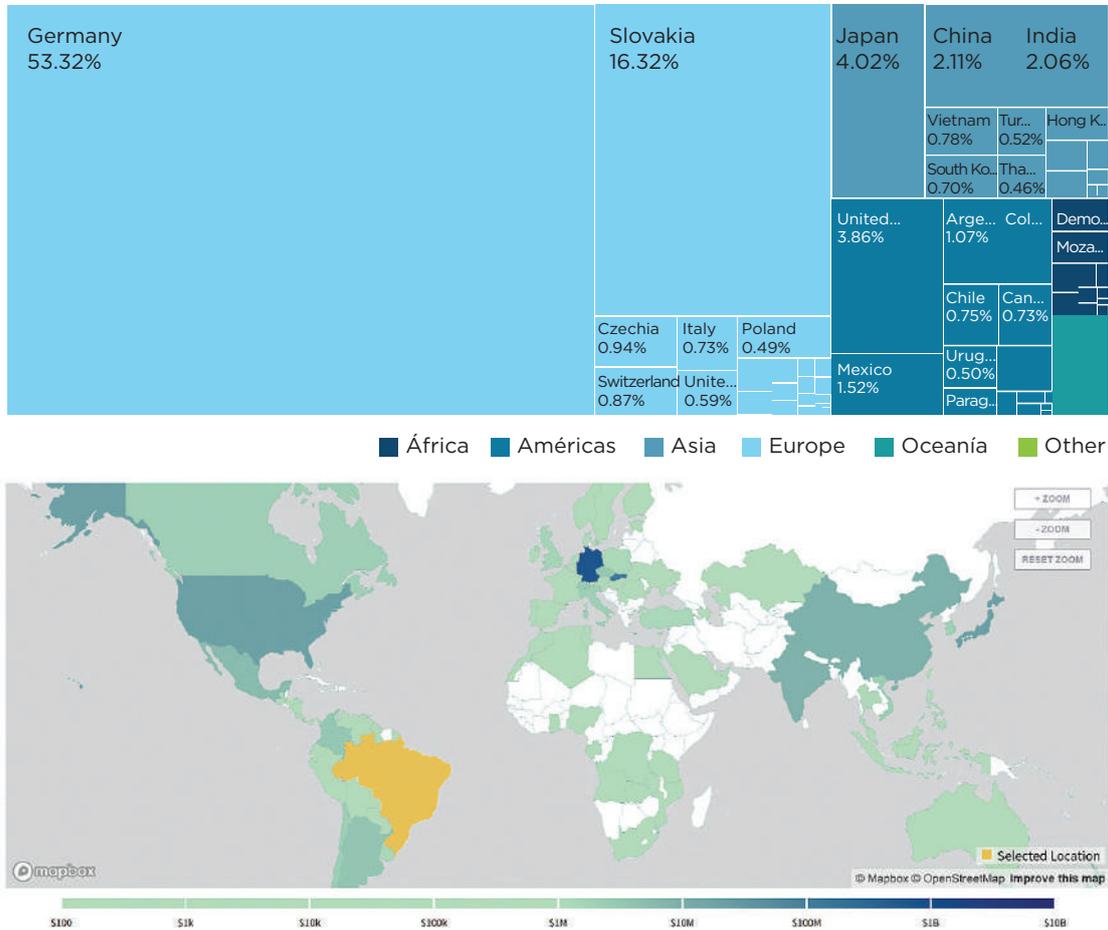
Un análisis desagregado (BID, 2022) indica que para el año 2021 las exportaciones de México estuvieron compuestas en un 50% por componentes (semiconductores), 44% equipamiento relacionado y 6% dispositivos pasivos. También vale notar que la balanza comercial es deficitaria en el orden de casi 4 a 1 en términos del valor de lo importado vs exportado, esto es a su vez un reflejo de la escala de la industria de manufactura de exportación como gran consumidor de semiconductores.

## BRASIL

Como se visualiza en la Figura 26, Brasil exportó USD 25 millones de semiconductores en 2023, en gran medida al continente europeo (53,3% Alemania, 16,3% Eslovaquia, entre otros a menor escala), seguido en orden de importancia por Japón con un distante 4% y EE.UU. con un valor similar. En términos de exportaciones a otros países de la región ALC, aparece en primer lugar México como destino con un valor de USD 372.000, seguido Argentina con USD 263.000, Chile y Uruguay con valores entre USD 100.000 y 200.000; el resto de las exportaciones a países del subcontinente fueron en 2023 por importes menores a los USD 100.000.

**Figura 24.**

Comportamiento de las exportaciones de Brasil en materia de semiconductores (2023)

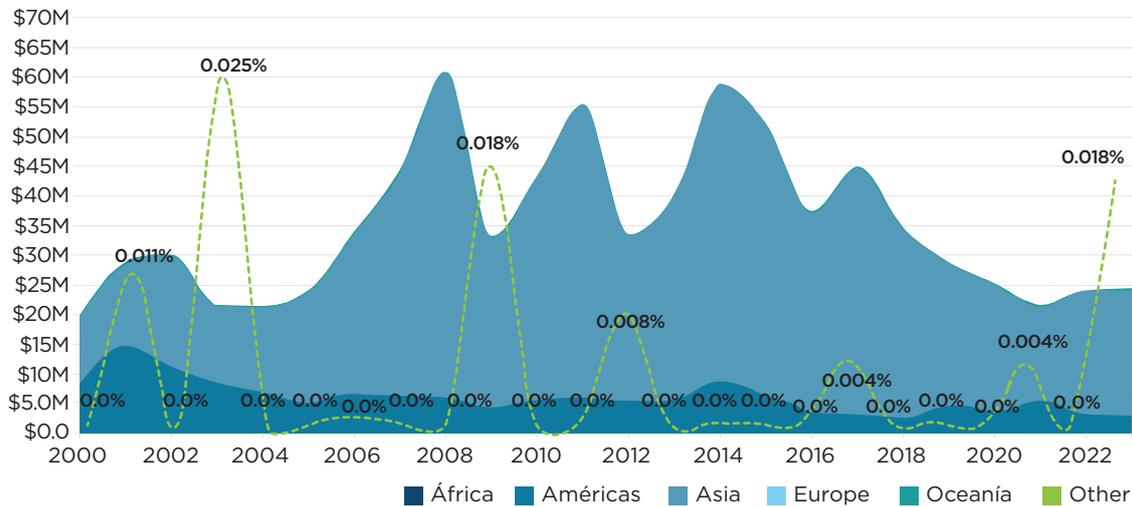


Fuente: Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard (2023).

No hay una tendencia clara de las exportaciones de semiconductores de Brasil, en algunos periodos se muestran picos de exportaciones tanto a Europa como a Asia, particularmente en el periodo entre 2006 y 2017 (véase Figura 27 - Tendencia de las exportaciones de Costa Rica en materia de semiconductores USD y porcentaje de participación en las exportaciones globales (2000-2023 precios constantes))

**Figura 25.**

Tendencia de las exportaciones de Brasil en materia de semiconductores USD y porcentaje de participación en las exportaciones globales (2000-2023 precios constantes)



Fuente: Elaboración con base en Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard (2023).

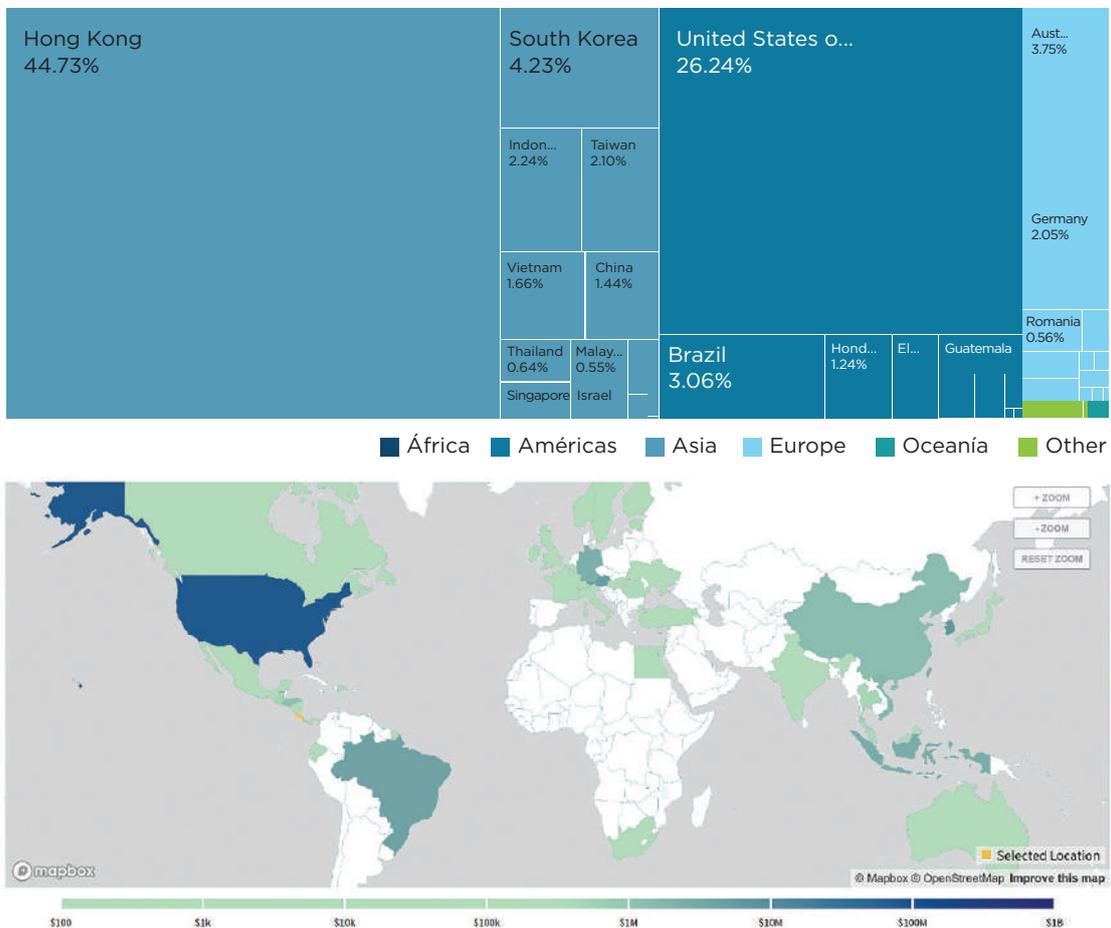
## COSTA RICA

Como se visualiza en la Figura 26, Costa Rica exportó USD 6.4 millones de semiconductores en 2023, poco más del 50% al continente asiático, primordialmente a Hong Kong (44,7%), seguido en orden de importancia por EE.UU. (26,2%), cambiando la composición que se observaba en 2019 cuando prácticamente la mitad de la producción se destinaba a China. Otros países que figuran entre los principales destinos son Corea del Sur (4,23%), Austria (3,75%) y Brasil (3%). Estas cifras al parecer aun no reflejan la reactivación de las operaciones de Intel en dicha nación.

En términos de exportaciones a otros países de la región ALC, además de Brasil en primer lugar con un valor de exportaciones de USD 1.67 millones, aparecen Honduras, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, México, República Dominicana y Ecuador, en todos los casos con valores inferiores a los USD 100.

**Figura 26.**

Comportamiento de las exportaciones de Costa Rica en materia de semiconductores (2023)

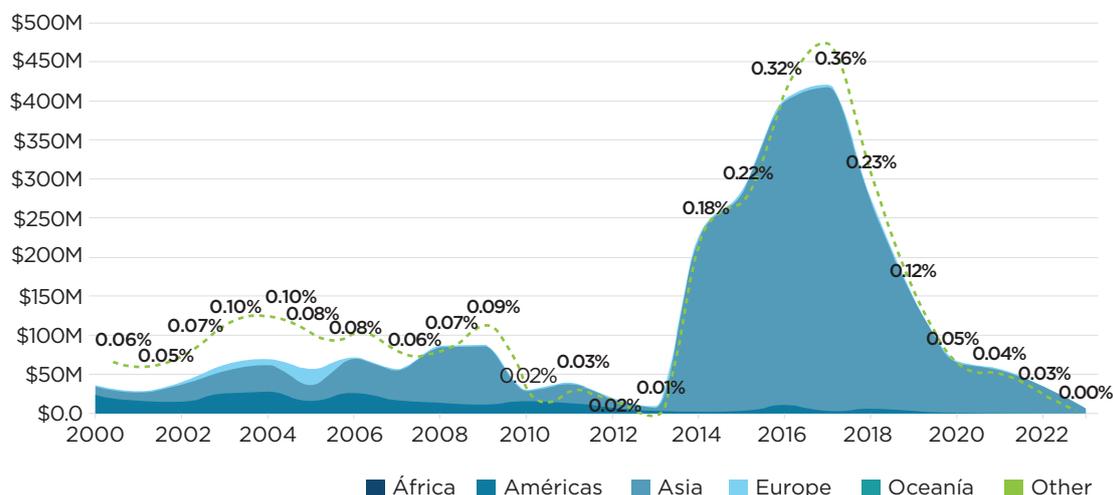


Fuente: Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard (2023).

La tendencia de exportaciones de semiconductores por parte de Costa Rica muestra una limitada participación hasta el año 2013, un incremento en los años 2014 a 2017 hasta alcanzar la marca de los USD 400 millones, para después reducir los volúmenes en los años subsecuentes. En el momento pico de exportaciones hacia el 2017, Costa Rica alcanza un máximo de participación de las exportaciones globales del 0,36%. (véase Figura 27 - Tendencia de las exportaciones de Costa Rica en materia de semiconductores USD y porcentaje de participación en las exportaciones globales (2000-2023 precios constantes))

**Figura 27.**

Tendencia de las exportaciones de Costa Rica en materia de semiconductores USD y porcentaje de participación en las exportaciones globales (2000-2023 precios constantes)



Fuente: Elaboración con Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard (2023).

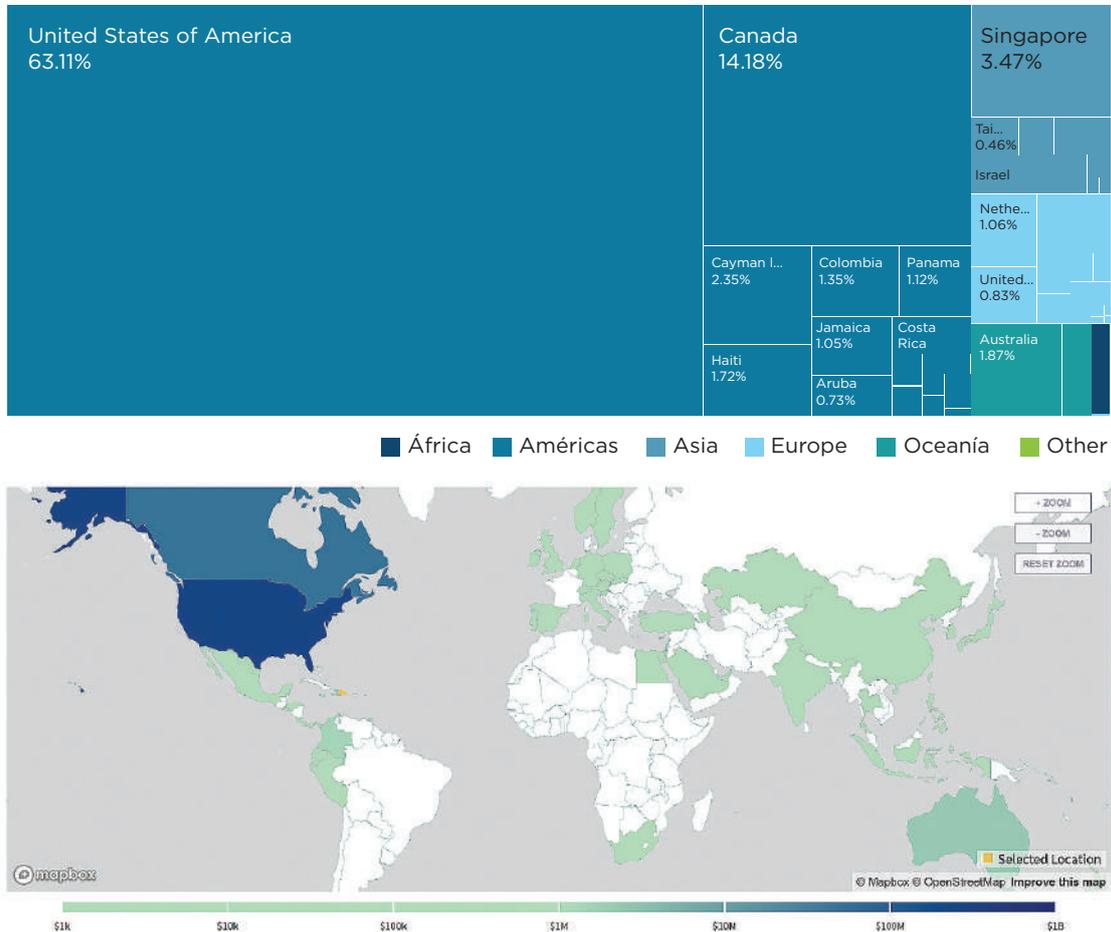
## REPÚBLICA DOMINICANA

Finalmente, República Dominicana participó en 2023 con USD 9,4 millones de exportaciones en materia de semiconductores, el 77,4% de ellas destinadas a América del Norte (EE.UU. 63,1%, Canadá 14,2% y México 9,7%), tal como se desglosa en la Figura 28.

República Dominicana solo registra un 0,28% de exportaciones a China (USD 26.900) de un total de USD 546.000 de exportaciones al continente asiático. Para 2023, las exportaciones de República Dominicana a otras naciones de la región ALC incluyen como destino por USD 219.843 a Islas Caimán, por valores entre USD 100.000 y 200.000 a Haití, Colombia y Panamá, además de otras 13 naciones del subcontinente por importes inferiores a los USD 100.000.

**Figura 28.**

Comportamiento de las exportaciones de Rep. Dominicana en materia de semiconductores (2019)

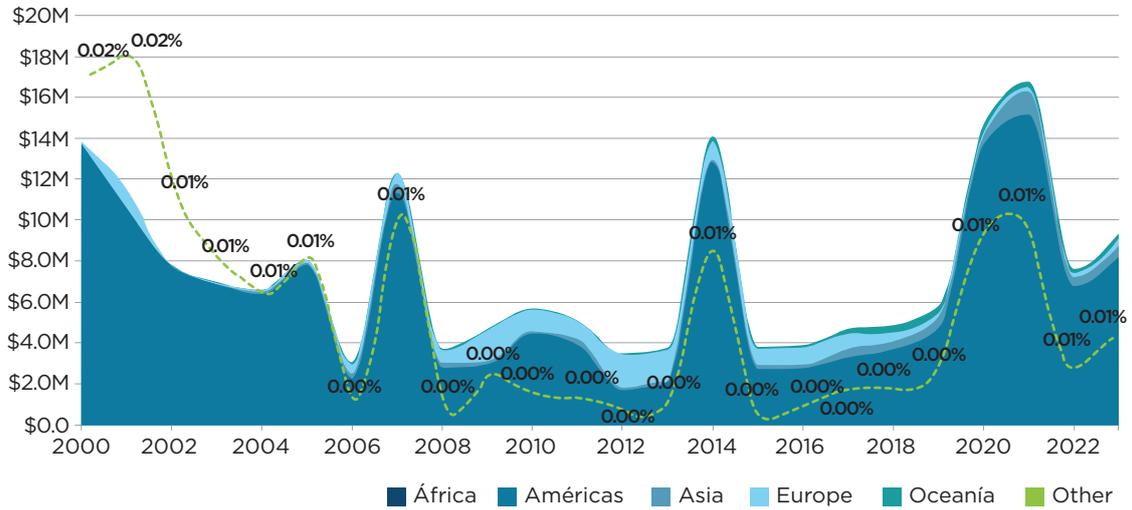


Fuente: Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard (2023).

La tendencia en el tiempo de las exportaciones de Republica Dominicana refleja la continua interacción con los EE.UU. con niveles altamente variables. En su punto más alto (2001), las exportaciones de Republica Dominicana han representado una participación del 0,02% de las exportaciones globales.

**Figura 29.**

Tendencia de las exportaciones de República Dominicana en materia de semiconductores USD y porcentaje de participación en las exportaciones globales (2000-2023 precios constantes)



Fuente: Elaboración con Atlas de Complejidad Económica, Universidad de Harvard (2023).

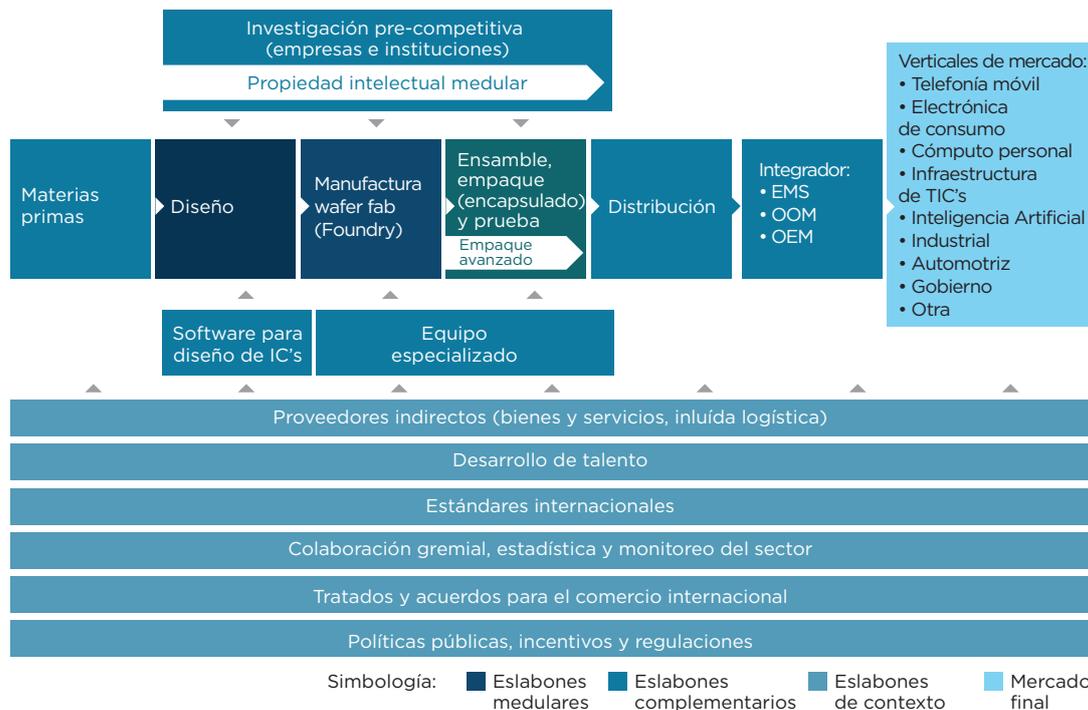
En términos agregados, los países de ALC participaron en el 2023 con el 0,53% de las exportaciones mundiales de semiconductores, las tres naciones con mayor participación fueron México (93,3% del total para ALC), Brasil (3,3%) y República Dominicana (1,3%), el 2,1% remanente se distribuye entre el resto de los países. Con base en los elementos revisados al momento, el nivel de participación de los países de la región ALC es bastante limitado y se presume se concentra en actividades de soporte, en algunos casos en semiconductores de nodos básicos o estándar y en los casos más sofisticados en empaque y prueba o relacionados a diseño.

# 4. CADENA DE VALOR Y MODELOS DE NEGOCIO EN LA INDUSTRIA DE LOS SEMICONDUCTORES

## 4.1 CADENA DE VALOR EXTENDIDA

Retomando elementos hasta el momento planteados, la cadena de valor de los semiconductores además de compleja y sofisticada, se encuentra ampliamente distribuida en términos geográficos, para comprender sus alcances partiremos de una visión agregada de los eslabones de dicha cadena y su contexto, lo cual nos permitirá una mejor comprensión basada en el rol estratégico de cada eslabón.

**Figura 30.** Esquematización de la cadena de valor de los semiconductores



Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

Nota: EMS refiere a Servicios de Manufactura Electrónica (subcontratación de la fabricación), ODM a Manufactureros de Diseño Original (subcontratación de la fabricación y el diseño), y OEM a Manufactureros de Equipo Original (fabricación de productos propios).

Bajo este esquema, la industria se centra en tres eslabones esenciales o medulares (aparecen en el color azul oscuro de la Figura 30), es en ellos en los que se contabiliza el tamaño y valor de la industria, así como en los cuales se clasifica a todas las empresas reconocidas como parte de la producción de semiconductores.

Alrededor del año 2000 se introdujo el concepto de “Empaque Avanzado” o “Ensamble 3D”, operación que ha cobrado mayor popularidad en años recientes, consistente en el acoplamiento de varios circuitos integrados o semiconductores distintos en un solo componente final en el proceso de Empaque, lo que permite mayor versatilidad y eficiencia en el desarrollo de soluciones. Todas las empresas líderes (TSMC, Samsung, Intel) tienen iniciativas de implementación de este enfoque y son parte de una apuesta de innovación que permite una alternativa a la trayectoria de nodos de escalas cada vez más pequeñas, apostando en este caso a la flexibilidad en configuraciones para tener dispositivos de mejor desempeño.

## 4.2 MODELOS DE NEGOCIO CARACTERÍSTICOS

En términos de modelo de negocio, entre estos eslabones se configuran tres esquemas usuales que en la última década han dado pie a una mayor participación en actividades de terciarización bajo las modalidades que se identifican como *Fabless*, *Foundry* y OSAT:

- **Integrated Device Manufacturers (IDMs):** Hace referencia a empresas que diseñan, fabrican, empaquetan e inclusive venden o integran sus propios semiconductores con las ventajas de autonomía que esto les representa, por lo que es compatible para empresas de gran escala con la capacidad financiera para disponer y hacer crecer su capacidad propia en el eslabón de manufactura (*Wafer fab*). Claros ejemplos de estas empresas son Samsung (originaria de Corea del Sur) e Intel (originaria de los EE.UU.) (véase Figura 31).

**Figura 31.**  
Ejemplos de empresas bajo esquema IDM



Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

El segmento de IDMs representó aproximadamente el 70% de las ventas globales de semiconductores en 2019 con un margen bruto del orden del 52%.

- **Fab-Lite:** En este modelo de negocios la empresa de semiconductores dispone de las actividades de diseño, manufactura (solo a escala reducida), puede o no tener actividades de empaque y prueba, y usualmente conduce sus propios procesos de comercialización. El modelo Fab-Lite permite a las empresas

concentrar sus recursos financieros en las actividades de I+D, evitando las fuertes cargas de inversión y re-inversión en bienes de capital de las plantas de *Wafer Fab*. La proporcionalmente reducida capacidad de fabricación que estas empresas mantienen les permite asegurar el control para productos estratégicos y comprender las implicaciones del avance en la manufactura para el diseño de nuevos productos. La capacidad de fabricación adicional requerida en este modelo se obtiene fundamentalmente de parte de empresas centradas en operar bajo el modelo de *Foundry*. Ejemplos característicos de empresas Fab-Lite son Texas Instruments y Analog Devices (originarias de los EE.UU.), Infineon (originaria de Alemania) y NXP (originaria de los Países Bajos) (véase Figura 32).

**Figura 32.**  
Ejemplos de empresas bajo esquema Fab-Lite

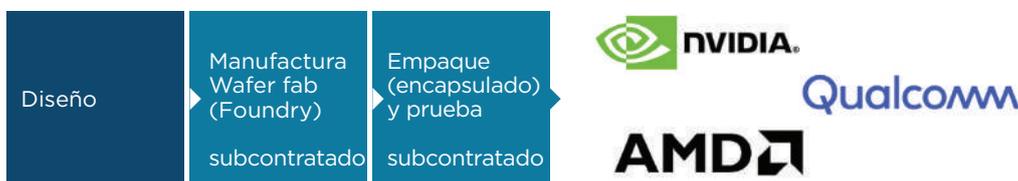


Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

Las cifras de ventas y margen de este segmento se encuentran contabilizadas oficialmente dentro del segmento de IDM.

- **Fabless:** Se refiere específicamente a los casos en que las empresas concentran su actividad en el diseño y desarrollo de semiconductores, sin participar en las actividades de fabricación (*Wafer fab*) y de empaque y prueba. Usualmente estas empresas comercializan sus propios dispositivos. El modelo facilita la entrada de empresas con propuestas innovadoras, particularmente en nichos de aplicación específicos basando su oferta de valor en el talento de ingeniería y desarrollo, en sus nexos a organizaciones científicas y centran sus activos en la propiedad intelectual. Ejemplos de estas empresas son Nvidia, Qualcomm y AMD (originarias de los EE.UU.) (véase Figura 33).

**Figura 33.**  
Ejemplos de empresas bajo esquema *Fabless*

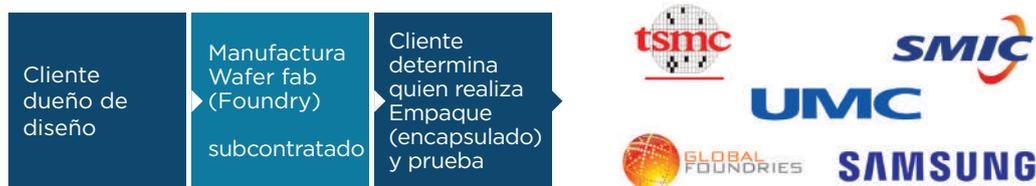


Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

El segmento o modelo de *Fabless* ha crecido de una participación inferior a 10% en las ventas en el año 2000 a cerca del 30% en 2019 con un margen de operación en torno al 50%.

- **Foundry:** También denominada “Pure Play” o “Dedicated IC Foundry”, si bien no se trata de un modelo de negocio para participar en el mercado final de los semiconductores, las empresas que operan bajo este rubro se dedican a operar subcontratos de manufactura y en algunos casos de empaque y prueba para empresas que operan bajo alguno de los dos modelos anteriores, dado que las empresas *Foundry* no generan diseños de semiconductores ni participan en la venta a integradores. Las empresas dedicadas al *Wafer fab* como negocio son intensivas en capital y por ende buscarán maximizar el uso de la capacidad instalada integrando contratos de clientes diversos. La experiencia adquirida en el control de proceso y la interacción con empresas de alto nivel les permite alcanzar altos grados de experiencia mediante la asimilación de mejores prácticas. Ejemplos de empresas centradas en el modelo *Foundry* son TSMC y United Microelectronics (originarias de Taiwán), SMIC (originaria de China) y Global Foundries (originaria de los EE.UU.). Algunas operaciones de Samsung también funcionan como subcontratistas de *Foundry* para terceros (véase Figura 34).

**Figura 34.**  
Ejemplos de empresas bajo esquema *Foundry*



Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

Las empresas de *Foundry* no participan en la estadística de venta de semiconductores, dado que operan como un subcontrato de procesos de las que lo hacen, sin embargo, operan un negocio de escala significativa con márgenes brutos en torno al 40%.

- **Outsourced Assembly and Testing (OSAT):** Este modelo es la contraparte de terciarización de las operaciones *Foundry*, concentrada en el eslabón de empaque y prueba, que si bien sigue tratándose de una operación altamente especializada requiere de una escala de inversión del orden de una décima parte o menos que la operación de *Wafer Fab* o *Foundry*. Si bien existen múltiples casos en que las propias empresas que poseen operaciones de fabricación establecen plantas separadas para las actividades de empaque y prueba, estas no pueden ser consideradas OSAT, dado que el modelo implica la subcontratación a un tercero dedicado. Ejemplos de estas empresas son Amkor y Teradyne (originarias de los EE.UU.), y ASE (originaria de Taiwán) (véase Figura 35).

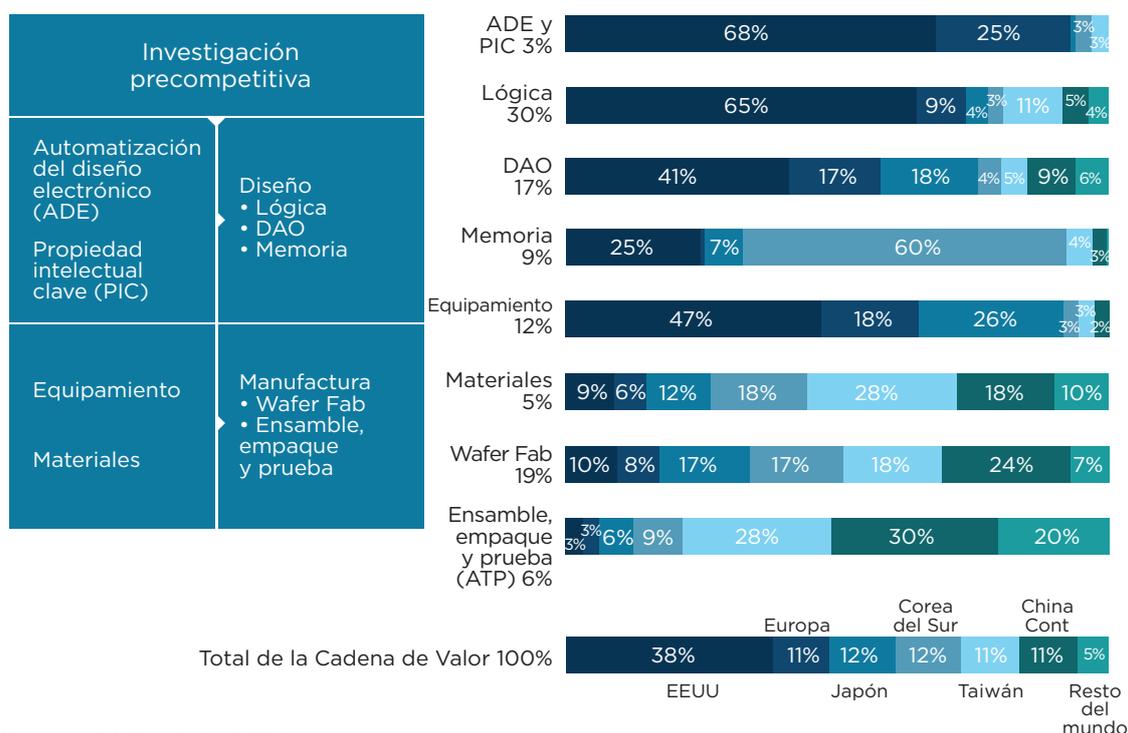
**Figura 35.**  
Ejemplos de empresas bajo esquema OSAT



Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

En el siguiente diagrama (Figura 36) se presenta el porcentaje de participación por cada región en los respectivos eslabones de la cadena de valor, es de notar que mientras los EE.UU. dominan en las actividades intensivas en conocimiento, los países asiáticos participan de manera más determinante en los eslabones productivos. El segmento de empresas que operan bajo OSAT tiene márgenes de operación inferiores a los del resto de operaciones, mismos que se colocan alrededor del 17% de margen bruto, sin embargo, el segmento crece también en la medida que el modelo *Fabless* se vuelve más extensivo.

**Figura 36.** Participación en el valor de la cadena de suministro de los semiconductores en 2022

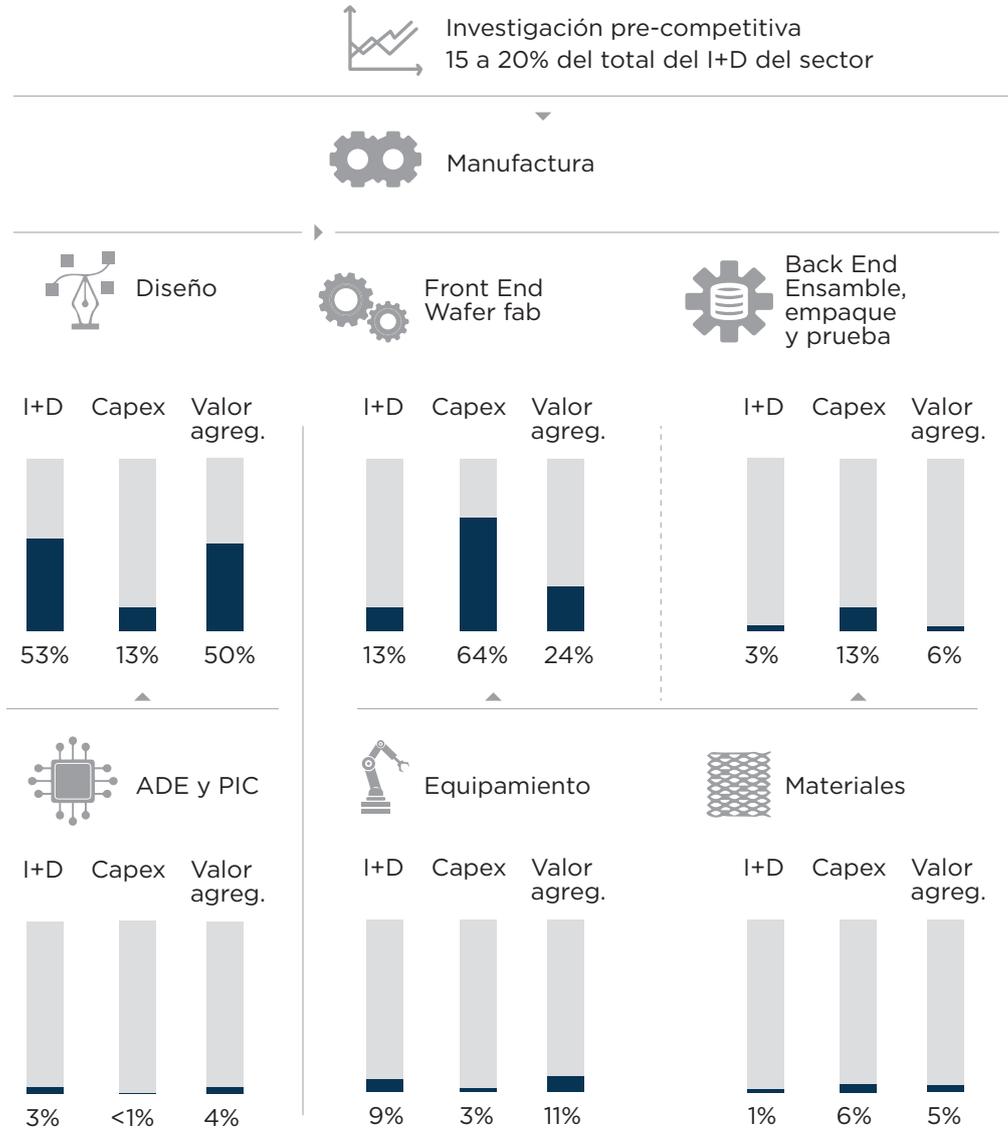


Fuente: BCG y SIA (2024).

De acuerdo con el más reciente reporte de BCG y SIA (2024), la industria de los semiconductores mantiene fuertes inversiones en I+D, misma que se centra en la etapa precompetitiva y de diseño, así como en bienes de capital que corresponde fundamentalmente a la actividad de fabricación (*Front End*).

A manera de referencia, el valor agregado que la industria de semiconductores generó en 2019 se encuentra alrededor de los USD 290 mil millones. La distribución de la inversión y el valor agregado se muestra en la Figura 37.

**Figura 37.**  
Inversión y aporte de valor en los eslabones de la cadena



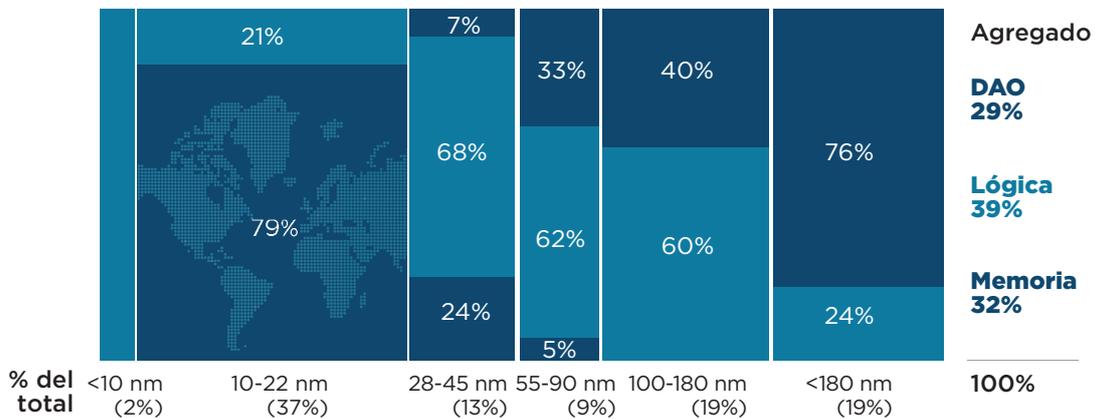
Fuente: BCG y SIA (2021).  
Nota: Gasto en bienes de capital (Capex).

Debe considerarse que a causa de las disrupciones en el mercado generadas por la pandemia de COVID-19 en el año 2020, las cuales se suman a la tendencia de incremento en la demanda de semiconductores para ser integrados en soluciones de diversa índole, la inversión de capital en el sector se comportó a la alza, complementariamente la reorganización geográfica de la base productiva derivada de las tensiones geopolíticas ha generado una movilización de capital sin precedentes que genera una ventana de oportunidad para los eslabones clave iniciada hacia el año 2022 y que se encuentra próxima a cerrar (en lo que respecta a los eslabones medulares), para dar pie a futuras inversiones derivadas del crecimiento inercial y por causas especiales de mercado.

Considerando la cadena de suministro extendida, las inversiones en cascada podrían continuar a un ritmo considerablemente alto aun por algunos años (dentro de esta década), sin embargo, en el mediano plazo la industria requiere estabilizar sus tasas de crecimiento a fin de cobrar dividendos sobre la inversión.

En términos de la utilización de capacidad instalada para la manufactura de semiconductores, es importante analizar la composición en términos de los rangos de escala de transistores o nodos, dado que esto nos permite comprender las diferencias en el destino de la capacidad. Mientras que la fabricación de memoria se concentra en los rangos de tecnología estándar y básica, los microprocesadores y otros componentes asociados a lógica ocupan la totalidad del espectro de las tecnologías más avanzadas y una combinación a lo largo de todos los demás nodos; por su parte los componentes DAO tienden a concentrarse en los nodos de transistores más grandes y de menor tecnología, lo que les permite competir en el mercado con bajo costo.

**Figura 38.**  
Utilización de capacidad a lo largo de diferentes nodos



Fuente: BCG y SIA (2021) con datos de SEMI.

Los eslabones indicados en la Figura 38 con color azul claro son de alta relevancia para la operación de la industria de los semiconductores y constituyen su cadena de valor extendida; si bien la industria tendría en lo general una visión favorable a la posibilidad de diversificar sus fuentes de abasto o salida, prácticamente en todos los casos se trata de operaciones con altas barreras técnicas de entrada, así como de consideraciones geopolíticas, tal como se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3.**  
Barreras de entrada a nuevos fabricantes de semiconductores

Barreras de entrada / Eslabones	Materias primas	Investigación y desarrollo	Software para diseño	Equipo especializado	Integración
Propiedad intelectual					
Intensivo en capital					
Conocimiento previo					

Acceso a recurso natural escaso					
Posición en el mercado					
Escala (capacidad de abasto)					
Directriz gubernamental (consideraciones geopolíticas)	x	x		x	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se definen algunos conceptos mencionados en la Tabla 3.

- **Propiedad intelectual:** Se refiere en términos generales a la existencia de patentes que limitan a otras empresas a fabricar dichos productos, a reserva de disponer de un licenciamiento.
- **Intensivo en capital:** Se refiere a inversiones en las cuales la cantidad de capital fijo (edificaciones, maquinaria y equipo, entre otros) es drásticamente superior a otros factores de producción, especialmente el trabajo.
- **Conocimiento previo:** Se refiere a la alta complejidad de que un nuevo entrante pueda adquirir la experiencia, habilidades y dominio de las operaciones relacionadas a la industria si previamente no ha trabajado en ella.
- **Acceso a recurso natural escaso:** Se refiere a las limitaciones de dotación natural de minerales por su disponibilidad en el mundo y al dominio o control sobre las fuentes de abastecimiento que algunas empresas o naciones puedan ejercer sobre ellos.
- **Posición en el mercado:** Se refiere al reconocimiento que los eslabones predecesores y subsecuentes otorgan a determinadas empresas como clientes o proveedores preferidos por su capacidad, especialización, trayectoria u otros factores.
- **Escala (capacidad de abasto):** Se refiere al volumen de producción y/o capacidad de suministrar los bienes requeridos en tiempo y forma.
- **Directriz gubernamental (consideraciones geopolíticas):** Se refiere a actividades con alto impacto en seguridad nacional (espionaje, aplicaciones de defensa, control de acceso a recursos limitados), alto impacto en balanza comercial y control de la innovación / dependencia tecnológica.

### 4.3

## FACTORES DETERMINANTES DE LA LOCALIZACIÓN DE OPERACIONES CLAVE DE FABRICACIÓN DE SEMICONDUCTORES

Sin considerar que en la actual fase de reorganización de la cadena, impulsada por políticas gubernamentales y fuertes incentivos, la lógica general que ha seguido la industria en épocas recientes para determinar la localización de las actividades clave obedece a la naturaleza misma de estas; mientras que, en el caso de las actividades de diseño, EE.UU., Japón, Alemania y Corea del Sur por ejemplo, como naciones líderes en la generación de nuevos desarrollos que se refleja en el patentamiento y el dominio del

mercado de productos de nueva generación y alta especialidad, han decidido mantener fundamentalmente en sus propios territorios dichas actividades. Para efectos de que esto suceda, las organizaciones han otorgado prioridad al control de la innovación, a la inmersión o al menos cercanía con los ecosistemas de conocimiento, ciencia, tecnología e innovación y consideran esto como la principal ventaja competitiva que guardan para mantener el mando de la industria de los semiconductores. El caso de India es significativo en términos de una terciarización de actividades de diseño, ello se debe en gran medida al gran número de personas con formación en ciencias e ingeniería relacionadas, que hablan inglés y tienen un costo menor que los empleados de países desarrollados.

El proceso para el cual la selección de ubicación resulta más crítico es el de la fabricación de obleas, *Wafer Fab* o *Foundry*, dado que es el de la más alta precisión y volumen de inversión, en este sentido la regla general para determinar la ubicación utiliza como primer filtro para discriminar las localizaciones potenciales a una serie de factores que representan la posibilidad de realizar operaciones de manufactura de manera exitosa.

Entre los factores usualmente considerados para las operaciones de *Wafer Fab* (*Front End*) y de manera similar, aunque con criterios relajados para operaciones de Ensamble, empaque y prueba (*Back End*) se encuentra una serie rigurosa de elementos que la región destino idealmente posee en su mayoría, y que el gobierno local y/o nacional esté dispuesto y comprometido a atender en los plazos de ejecución del proyecto, estos incluyen:

- Un ecosistema de instituciones académicas y de investigación que asegure la producción y actualización de talento especializado en materia de semiconductores y las tecnologías de proceso relacionadas en cantidad y calidad.
- La disponibilidad de talento a nivel técnico y profesional ya formado y con experiencia al menos relacionada a los procesos y tecnologías de la industria de los semiconductores.
- La capacidad regional de abastecer talento adicional para sustentar expansiones futuras, combinado con esquemas que faciliten la inmigración de expertos de otras naciones para dar soporte a nuevas operaciones.
- Terreno planos o fáciles de aplanar, sin problemas geológicos, jurídicos o de otra índole, en zonas de baja sismicidad, con suficiente reserva territorial adjunta para expansiones a más de una década (usualmente en el orden de 4 a 8 Km<sup>2</sup>, con formato cuadrado o rectangular no demasiado alargado y terrenos adyacentes para instalación de proveedores, infraestructura y maniobras).
- Localización fuera de rutas de tránsito aéreo, en zona de uso industrial, alejada de zonas residenciales actuales y futuras, suficientemente distante de factores de riesgo como depósitos de combustibles u otros.
- Disponibilidad de vialidades suficientes para un alto tránsito de vehículo particulares (en el orden de miles, correspondientes al personal de base primordialmente) y de vehículos de carga (en el orden de cientos por día), posibilidad de habilitar múltiples accesos al sitio, conectados a vialidades adecuadas según el uso (15 a 20 accesos potencialmente). Acceso a menos de medio kilómetro a vías carreteras seguras.
- Cercanía, pero no colindancia a aeropuertos internacionales con capacidad de manejo de carga, (usualmente en el rango de 2 a 5 km. de distancia). Cercanía a vías de ferrocarril con criterios similares a los de un aeropuerto o inclusive con mayor proximidad.
- En zonas con poca propensión a desastres naturales o eventos climáticos de impacto en la operación, la cadena de suministro o el traslado de personal.

- Abasto asegurado de energía eléctrica de calidad, confiable y a un costo competitivo. La demanda puede superar 1.000 MVA, se requiere redundancia a un 100%, inexistencia de caídas o picos.
- Abasto asegurado de agua de calidad adecuada a los requerimientos de proceso. La demanda de agua para un sitio de gran escala puede acercarse a los 100.000 metros cúbicos por día. Se requiere complementariamente el tratamiento del agua emanada de los procesos en similar capacidad. Las tendencias por razones de sustentabilidad apuntan a la reutilización de un alto porcentaje de agua de proceso (superior al 90%).
- Posibilidad de abasto de gas (usualmente gas natural en el orden de las decenas de miles de metros cúbicos por hora) y nitrógeno en altos volúmenes (cientos de miles de metros cúbicos por hora).
- Capacidad de manejo y traslado fuera del sitio de residuos peligrosos (en el orden de los cientos de toneladas por año).
- Capacidad de infraestructura para trasladar grandes equipos de producción y de construcción al sitio.
- Disponibilidad de recurso humano calificado para el proceso constructivo y experiencia en obras de al menos mediana a alta sofisticación.
- Sin limitaciones normativas para el proceso de construcción y operación.

El proceso de evaluación y selección de sitios potenciales tomará algunos de estos criterios en primera instancia para reducir la lista de alternativas y después realizar un segundo filtro a detalle para localizar las alternativas viables.

Paralelamente al ejercicio de identificación de localizaciones (site selection) se conjuga la ponderación de las políticas y los beneficios económicos que el gobierno de determinada región o país pueda ofrecer, el cual resulta determinante en la decisión de selección. Es en este esquema de incentivos gubernamentales donde la industria originaria de los EE.UU. encontró e inclusive gestionó que los países de oriente facilitaran esquemas adecuados, y al encontrarse presentes estos elementos, la distancia y otras consideraciones logísticas han sido pasadas a segundos planos.

Para el caso del proceso de empaque y prueba, si bien se trata de un proceso sofisticado, por su escala y consideraciones en algunos casos de mediana y baja escala de producción, puede ubicarse en el espectro superior de las denominadas “industrias ligeras” y encontrar cobijo en sitios de considerable bajo costo de manufactura que dispongan ya de un conjunto de capacidades técnicas derivadas de este tipo de actividades o de otras como la fabricación de productos electrónicos, automotrices o aeroespaciales.

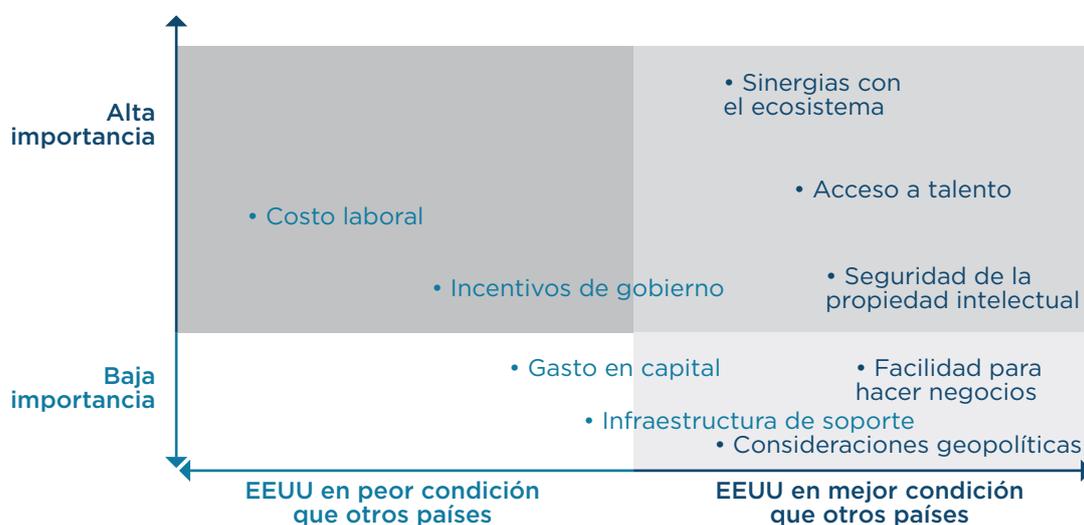
El análisis realizado por BCG mediante una encuesta a la membresía de la *Semiconductor Industry Association* en 2020 (BCG y SIA, 2020) en la que se preguntó cuáles eran los factores más importantes en la selección de una localización para una fábrica de semiconductores ilustra la relevancia relativa de estos factores. El ejercicio, representado en la Figura 39, reflejó que cinco factores se encontraban en el campo de lo altamente importante; en tres de ellos EE. UU. resultó competitivo y en dos no.

La acción del CHIPS and *Science Act* en EE. UU. ha incidido desde su lanzamiento en proporcionar los incentivos de soporte (uno de los dos factores de alta importancia previamente en desventaja), así como impactar en el gasto en capital e infraestructura de soporte donde también los estados han jugado un rol importante en complementar los esquemas para hacer a sus regiones más competitivas en el proceso de atracción de inversiones para este sector.

Dados los altos niveles de automatización, los costos de insumos, así como la propia dispersión global de la cadena productiva, el costo laboral es un factor de moderada a baja importancia (algunas fuentes lo colocan en el caso de los nodos más avanzados hasta por un nivel del 2% sobre el total del costo), cada vez queda más claro que para esta industria la disponibilidad del talento calificado es un factor que determinante y que ha resultado ser un reto ya para las nuevas operaciones de fabricación de semiconductores en los Estados Unidos, la solución a este reto recae en la combinación de estrategias de atracción de talento extranjero y formación local. Coyunturalmente, en el caso de EE. UU. la serie de proyectos de infraestructura industrial relacionados a los semiconductores han hecho evidente la falta de talento para la construcción a gran escala<sup>3</sup>.

**Figura 39**

Factores para seleccionar una localización de planta para fabricación



Fuente: BCG y SIA. (2020).

Las políticas de incentivo implementadas tanto en Estados Unidos como en otras latitudes dan cuenta de que los incentivos de gobierno han resultado determinantes para impulsar una política industrial en torno al desarrollo de *hubs* (polos) para el desarrollo y fabricación de semiconductores.

La evidencia muestra que el estándar establecido internacionalmente en los años recientes refleja que cualquier iniciativa de política gubernamental orientada a este sector para la actual ventana de oportunidad, debe estar respaldado por fuertes inversiones destinadas tanto a construir de manera rápida y contundente capacidades tecnológicas y de infraestructura en las regiones destino, como al otorgamiento de paquetes de estímulos directos a las empresas del sector que realicen inversiones sustanciales.

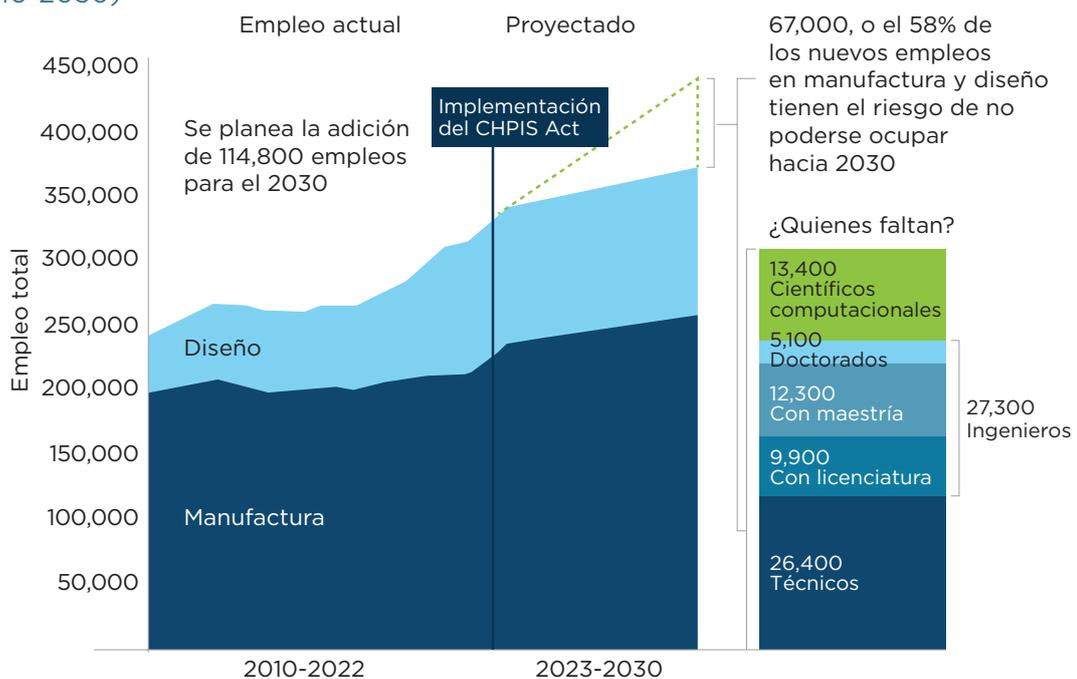
En general, en ninguno de los casos observados a nivel internacional que están detonando crecimiento acelerados, la política de impulso toma como elemento clave el desarrollo de nuevas empresas locales (emprendimientos); dada la velocidad y escala, las miras se centran en empresas líderes de la industria.

3. Véase <https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/semiconductor-fabs-construction-challenges-in-the-united-states>

Para el caso de América Latina, todos los factores de alta importancia deben ser evaluados para determinar la atractividad de una propuesta de valor asociada a la atracción de inversión extranjera directa en este sector y focalizar esfuerzos en regiones subnacionales que dispongan de una mejor dotación de dichos factores, que para el caso concreto se deberá enfocar en procesos convencionales de Ensamble y Prueba.

- En materia de sinergias con el ecosistema se habla tanto de vínculos con instituciones de educación superior e investigación que puedan facilitar el desarrollo de proyectos, como de enlaces interinstitucionales y con empresas del mismo giro o compatibles, de manera que las problemáticas operativas que puedan surgir tengan eco con proveedores u otros actores locales. El término “clústeres” es utilizado de manera explícita para definir estas concentraciones geográficas de empresas que, en EE.UU., por ejemplo, se han concentrado en cuatro polos: Nueva York, Arizona, Texas y Oregón.
- El acceso a talento no solo implica la existencia de talento para abastecer la operación con las personas adecuadas en una etapa inicial, sino la posibilidad de ampliar las contrataciones en un tiempo razonable ante proyectos de expansión. Como regla de práctica, las empresas esperan que en una región destino para operaciones clave se pueda disponer en un corto plazo de alrededor de un 30% de la plantilla de técnicos y expertos con los perfiles requeridos (ciencia de materiales, óptica y optoelectrónica, mecatrónica, diseño, entre otro), mientras que el 70% complementario pueda desarrollarse paulatinamente, disponiendo de recursos financieros e institucionales de apoyo para ello. EE.UU. proyecta la generación de casi 115,000 nuevos empleos directos de esta industria, impulsados por el CHIPS and Science Act, sin embargo, se prevé que hasta un 58% de ellos no puedan abastecerse de manera directa (Figura 40), por lo que se hace alusión al concepto de Talento Global como una referencia a la migración formal del talento (SIA, 2024).

**Figura 40.** Fuerza de trabajo para la industria de semiconductores en EE.UU. y brecha esperada (2010-2030)



Fuente: SIA. (2025).

Bajo el amparo del *ITIS Fund*, estados del norte de México (Sonora y Baja California particularmente) pudieron acceder a esquemas de “micro credenciales” para la formación suplementaria de maestros universitarios en materia de semiconductores (*train the trainer*), de manera tal que estos se pudieran convertir en multiplicadores ante el alumnado de educación superior en México. En el caso de la Universidad Estatal de Arizona (ASU), el programa que recibió USD 13.8 millones, alcanzó una cobertura con participantes de más de 25 universidades mexicanas, así como la firma de acuerdos para facilitar el intercambio académico que permitiese a graduados de universidades en México asistir a ASU para obtener posgrados en ciencias de materiales e ingeniería<sup>4</sup>. Ante la inminente suspensión del fondo ITIS, estas iniciativas carecen de certidumbre para continuar.

Las estrategias de acelerar la formación de talento acorde al crecimiento de capacidades en China, EE.UU. y Europa son extensivas y respaldadas por fuertes inversiones, dado que se requiere de algunos años para calificar a expertos en la materia. Las estrategias incluyen, por ejemplo, enfoque en educación dual, recuperación o reactivación de veteranos, inversión en instituciones de oficios, colaboración de universidades y centros de investigación en redes, atracción de talento foráneo, la realización de diagnósticos de capacidades de ecosistemas y conferencias especializadas.

- En términos de un marco regulatorio maduro y estable, una de las dimensiones es la protección de bienes intangibles tales como patentes, diseños y secretos industriales, al ser estos importantes activos de las empresas. En dicho sentido, no solo entra en consideración que el marco legal de cada nación exista y se implemente, sino también la postura del gobierno para proteger los intereses de un país aliado.
- La formulación de paquetes de incentivos es un reto para las naciones, dado que los propios volúmenes de inversión sobrepasan los usuales de la inversión extranjera directa (IED) al tratarse de la industria más intensiva en bienes de capital de la economía y no se dispone de referentes en dicha escala, por lo que un esquema agresivo de incentivos resulta prohibitivo para muchas regiones y países en la región de ALC.

La siguiente tabla (Tabla 4) tomada del reporte de SIA y BCG (2020) ilustra la magnitud de inversión usual para proyectos de *Front End* acorde a la categoría o tipo de semiconductor.

**Tabla 4.**  
Magnitud de la inversión anual según categoría de semiconductor

	LÓGICO AVANZADO	MEMORIA AVANZADO	ANALÓGICO AVANZADO
<b>Ejemplo del tipo de semiconductor</b>	Procesadores para teléfonos móviles, sistemas de inteligencia artificial (IA) y supercomputadoras	Memoria flash avanzada para teléfonos móviles, PC's y centros de datos	Electrónica de potencia para vehículos eléctricos, aeronaves y energías renovables
<b>Tecnología de manufactura</b>	Obleas de 12 pulgadas Nodo de 5nm	NAND 3D, 128 capas Obleas de 12 pulgadas Nodo de 20nm	Obleas de 12 pulgadas Nodo de 65nm

4. Véase: <https://news.asu.edu/20230728-global-engagement-asu-mexico-advance-chips-act-support>

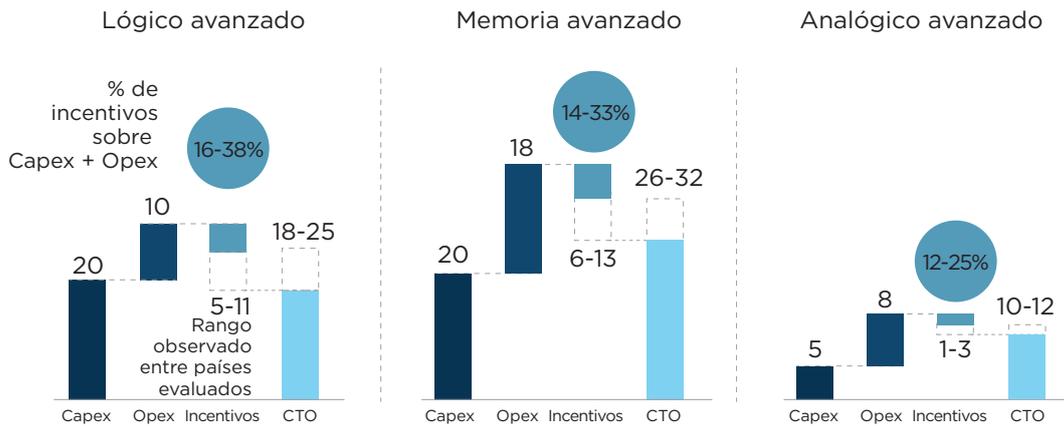
<b>Capacidad (oblas por mes)</b>	35.000	100.000	40.000
<b>Número de empleados</b>	~3.000	~6.000	~3.000
<b>Inversión de capital (miles de millones)</b>	~20	~20	~5

Fuente: BCG y SIA (2020).

Como se ha mencionado en secciones anteriores de este reporte, las recientes inversiones en los Estados Unidos y otros países desarrollados sobrepasan por mucho estos montos. Ante estos escenarios, los niveles de incentivos gubernamentales para nuevos proyectos en fábricas de semiconductores se colocan en rangos entre el 12% y hasta un 38% sobre la base de la inversión en capital y operación a una década (véase Figura 41).

**Figura 41.**

Nivel de incentivos sobre la base del costo total de operación a 10 años para una planta nueva



Fuente: BCG y SIA (2020).

Notas: Gasto operativo (Opex); Costo Total de Ownership (propiedad) (CTO)= Capex+Opex-Incentivos.

El Cuadro 1 es complementaria y presenta una comparación de los incentivos gubernamentales en diversas localizaciones.

### Cuadro 1.

#### Comparación de incentivos por localización

	US <sup>1</sup> (%)	Japan (%)	S. Korea (%)	Taiwan (%)	Singapore (%)	Asia avg. <sup>2</sup> (%)	China <sup>3</sup> (%)	Germany (%)	Israel (%)
<b>Reducción de CAPEX</b>									
Terreno	50	75	100	50	100	85	100	100	75
Construcción	10	10	45	45	25	33	65	35	45
Equipamiento	10	10	20	25	30	20	35	5	30
<b>Reducción de OPEX</b>									
Nomina y beneficios	5	5	5	5	5	7	33	7	5
<b>Reducción de Impuestos</b>									
Impuesto corporativo	-	-	60	-	35	30	75	-	74
Impuesto sobre venta	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impuesto a la propiedad	100	100	100	-	-	60	-	-	-
<b>Agregado</b>	<b>10-15</b>	<b>-15</b>	<b>25-30</b>	<b>25-30</b>	<b>25-30</b>	<b>-25</b>	<b>30-40</b>	<b>10-15</b>	<b>-30</b>

Fuente: BCG y SIA (2020).

Nota: Generalmente los incentivos se aplican durante los primeros 10 años de operación. En todos los países se incluye además una reducción del 100% en el costo de importación de equipo y un beneficio de deducción fiscal del 5% por gastos en I+D no limitado. (1) Basado en mejor escenario con incentivos actuales, (2) Excluyendo China, (3) China continental, y (4) la tasa fiscal efectiva se considera por separado a los incentivos generales y se basa en disposiciones vigentes.

Con base en las entrevistas e investigación documental realizada, la fórmula utilizada por una región o país para llegar a un paquete de incentivos considerable es secundaria al impacto porcentual en ahorros sobre la inversión total que la empresa proyecte a una década (all in), a esto lo podemos denominar un enfoque de “beneficio neto” o “*bottom line*”.

Es decir, mientras que, de la manera más simplificada, una localización pudiera ofertar un paquete de incentivos que sume el equivalente al 20% de la inversión mediante exenciones fiscales e incentivos económicos directos (cash grants), otra localización pudiera plantear un esquema de la misma proporción integrando una amplia diversidad de instrumentos de apoyo tales como subsidio a la nómina, exención de pago de derechos por tramites, exención de impuestos a la importación, donación de terrenos, financiamiento blando o tasa cero, costo preferencial de energía y agua, construcción de obras complementarias, entre otros.

A los ojos del análisis financiero para la selección de ubicación, ambas propuestas resultarían equivalentes, a reserva de criterios secundarios de practicidad, certidumbre y preferencia de cada empresa. Desde la perspectiva de cada localidad como oferente, el tamaño del ofrecimiento dependerá de su posición competitiva ante la industria (localización, trayectoria y experiencias previas, así como de la competencia con otras localidades, por ejemplo), mientras que la composición de la oferta en términos de los instrumentos a utilizar dependerá de la disponibilidad de recurso y mecanismos en cada caso.

## 4.4

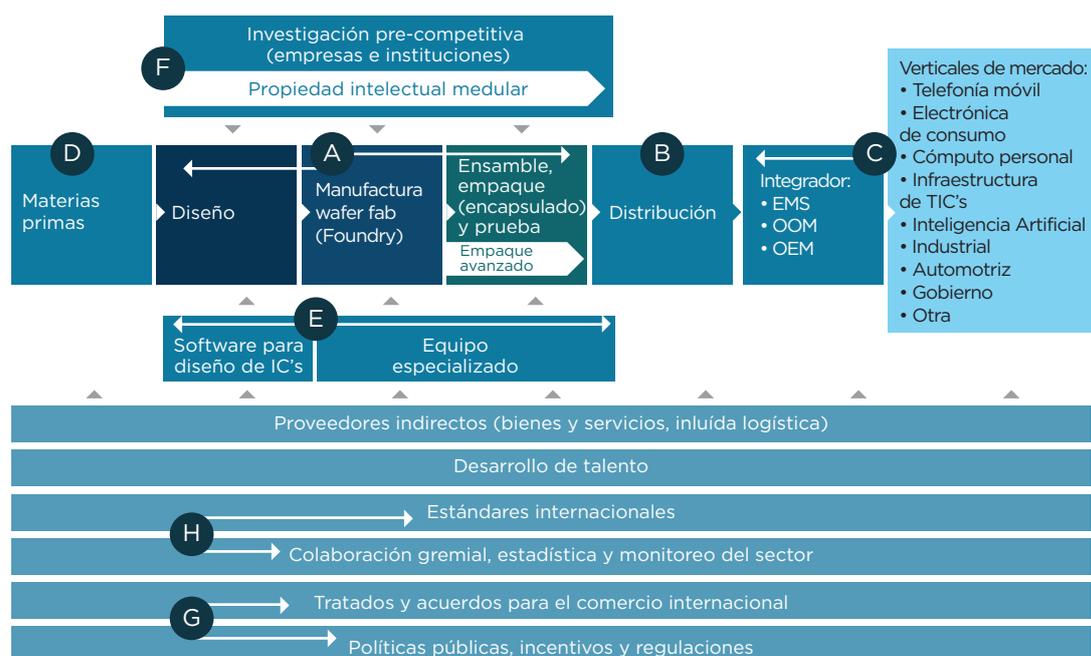
### ACTORES CLAVE EN LA CADENA DE VALOR

En esta sección se presenta un mapeo de las empresas e instituciones clave en la industria de los semiconductores en la actualidad, la descripción de cada uno de estos actores ha sido plasmada de forma sintética para destacar el rol en el “ecosistema de los semiconductores” por llamarlo de alguna manera y a partir de ello expresar las estructuras de gobernanza del sector mediante dos esquemas distintivos, el primero de ellos corresponde al modelo de Gereffi, Humphrey y Sturgeon para denotar la gobernanza en la cadena de valor, mientras que el segundo es una adaptación de un modelo propio de los autores, que se ha utilizado para representar la gobernanza en los ecosistemas de innovación en proyectos previos<sup>5</sup> (véase Figura 42).

La descripción de los actores se presenta a manera de tablas (véase Tabla 5 a Tabla 11) para cada una de las categorías, referidos al diagrama de la cadena de valor extendida.

**Figura 42.**

Bloques de actores en cadena de valor extendida de los semiconductores



Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

#### • Empresas de la industria de semiconductores

El incremento en la complejidad técnica e inversión requerida para la fabricación de semiconductores hace que con el paso del tiempo la industria se consolide y sea dominada por pocos jugadores. Se estima que en 2024 cerca del 50% de las ventas globales corresponden a empresas de origen estadounidense, y el 25% se encuentra en manos de las 3 empresas líderes (Samsung 10.6%, Intel 7.9%, Nvidia 7.3%) (Statista),

5. Derivado de El Colegio de la Frontera Norte (2012), un proyecto financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

por su lado la empresa Taiwanesa TSMC lidera el mercado del *Wafer Fab* con un 64.9% del mercado para el tercer trimestre de 2024 (PatentPC). Por su lado, las empresas de los EE.UU. lideran en términos de los ingresos, utilidades y desarrollo tecnológico, en el continente asiático se concentra aun la parte mayoritaria de capacidades de manufactura de semiconductores.

**Tabla 5.**  
Descripción de actores: empresas

REFERENCIA	LOGOTIPO O DESCRIPTOR	SINOPSIS
INTEL		<p>Por mucho tiempo fue la empresa más grande de fabricación de semiconductores en el mundo en términos de ventas, de origen estadounidense, fundada en 1968. Opera bajo el modelo de producción integrada (IDM). En el año 2024 sus ingresos fueron del orden de USD 54.230 millones, colocándola en segundo lugar después de Samsung . Su presencia global incluye operaciones en EE.UU., Costa Rica, México, Irlanda, Alemania, Polonia, Israel, India, China, Malasia y Vietnam, empleando en el agregado a más de 110.000 personas, cerca de la mitad de las cuales se ubican en los EE.UU., donde también se produce cerca de la mitad de los semiconductores de la compañía. Los principales clientes de Intel en el 2022 fueron Dell, Lenovo y HP que en conjunto representaron del orden del 43% de las ventas. En el pasado, empresas como Apple, Amazon, Microsoft, Google y Facebook han sido clientes de microprocesadores de Intel.</p> <p><b>Localización de operaciones</b></p>  <p>Intel es una empresa líder de esta industria, capaz de negociar fuertemente en el sector de cómputo personal y de alto desempeño, dispone de buena reputación y respaldo del gobierno de los EE.UU., su mayor reto es no perder el liderazgo frente a los principales rivales Samsung y TSMC. En noviembre de 2024 anunció grandes inversiones de fabricación en Arizona y Ohio EE.UU., al amparo del CHIPS and Science Act, además anunció en 2023 la reactivación de su planta en Costa Rica, cerrada en 2014, una planta de fabricación en Alemania, una planta de ATP en Malasia y otra en Polonia.</p>

SAMS-SC

**SAMSUNG**

Samsung electronics, empresa originaria de Corea del Sur de la industria de electrónica y telecomunicaciones fundada en 1969. Es un jugador dominante en el segmento de fabricación de televisores y teléfonos móviles. Tiene presencia manufacturera y comercial en al menos 65 países y una red de más de 200.000 empleados. La producción de semiconductores en mayor escala se encuentra en Asia (China y Corea del Sur), y complementariamente en los EE.UU.; la empresa mantiene en Corea del Sur las tecnologías más avanzadas. Además de fabricar semiconductores para sus productos, Samsung es proveedor de semiconductores para empresas tales como Apple, Qualcomm, IBM, Google, CISCO y Nvidia, solo por citar las principales. Samsung ha sido el competidor más cercano a Intel en la venta de semiconductores, tomando la primera posición en 2024 con ventas para el año del orden de USD 566.500 millones. Se estima que la cifra al cierre de 2024 de ingresos del mercado global del proceso de **Foundry sea de USD 125.000 millones**. Samsung es especialmente fuerte en el segmento de producción de memorias.

Para las empresas compradoras de semiconductores de la más alta tecnología SAMSUNG es el contrapeso al dominio global del segmento por parte de TSMC.

**Base de manufactura**



Samsung es una empresa con alta capacidad para tomar riesgos, que hace apuestas a múltiples tecnologías de manera simultánea y que puede sustentar un porcentaje alto del uso de su capacidad de fabricación de semiconductores con la propia producción de teléfonos móviles, tabletas y televisores. Su escala y vínculo directo al mercado de consumo la diferencia de TSMC e Intel por su capacidad de orientar la demanda futura y establecer estándares. Dispone del respaldo del Chaebol más grande de Corea del Sur.

Recientemente Samsung anuncio una planta adicional de fabricación en Corea del Sur, así como una de fabricación y ATP en Texas, EE.UU.

TSMC



Taiwán Semiconductor Manufacturing Co. Fundada en 1987 es la empresa más grande del mundo en el rubro de fundición y cuenta con más de 76.000 empleados. Registró ventas en 2024 del orden de USD 87.800 millones, ocupando cerca del 64,9% del mercado global para el proceso de fundición (un incremento del 33,9% respecto al año previo), fabricando más de 10.000 productos diferentes para más de 500 clientes en los segmentos de telefonía móvil, automotriz, computo de alto desempeño e **Internet of Things** (IoT). Recientemente TSMC anunció la construcción de una nueva planta de manufactura en Arizona, EE.UU. por un importe de USD 65.000 millones, tras las gestiones y subsidios ofrecidos por el gobierno de los EE.UU. bajo el CHIPS and Science Act.

El crecimiento acelerado de TSMC en términos de capacidad de fundición y la rígida política de no competir con sus clientes le da un voto de confianza ante rivales como Samsung. PPor su propia cuenta TSMC representa cerca del 50% del gasto nacional en Taiwán en actividades de I+D, invirtiendo del orden de USD 3.000 millones anuales en este rubro, lo que ha permitido integrar un portafolio cercano a 65,000 patentes, cerca de la mitad de ellas registradas en EE.UU..

En la actualidad, cualquier empresa que busque fabricar semiconductores con la más avanzada tecnología deberá recurrir a TSMC o Samsung, sin embargo, el enfoque de TSMC tiende a ser más cauteloso que el de Samsung en términos de su velocidad para incursionar en producción masiva bajo tecnologías de punta, esto es asumido por los clientes como una buena señal de cautela y reducción de riesgos. En la cartera de clientes de TSMC figuran empresas como Nvidia y Qualcomm, sin embargo, Apple juega un rol preponderante, al ser considerado el cliente más grande e importante de **Foundry** en el mundo.

Las plantas de TSMC se localizan primordialmente en Taiwán, sin embargo, también dispone de subsidiarias en China, EE.UU., Singapur, así como una red de aliados para atender necesidades de desarrollo, diseño, abasto de insumos, empaque y prueba que le permite atender cualquier necesidad del cliente en cualquier región del mundo.

#### TSMC “Partner Program”



TSMC ha sostenido una velocidad de crecimiento muy alta, convirtiéndose en la empresa más valiosa de Taiwán, a la par de Foxconn, líder mundial en el ensamble electrónico por contrato, también de origen taiwanés. Los niveles de capitalización y la versatilidad para mantener una alta competitividad mediante la implementación de nuevas tecnologías y la maximización del uso de capacidad instalada la mantienen a la cabeza y pone en riesgo la primera posición de Intel en la industria.

Eventualmente TSMC debe moderar la estrategia de enormes inversiones en bienes de capital, dado que los inversionistas no verán con buenos ojos por plazos largos que la inversión de este tipo, sumada a la de I+D sea superior a los ingresos anuales de la empresa. TSMC busca activamente una alianza y respaldo del gobierno de los EE.UU. para mitigar posibilidades de presión por parte del gobierno chino. Además de la planta en construcción en Arizona EE.UU., la empresa invierte en alianza con Sony en una planta de fabricación en Japón, dos adicionales por su cuenta en Taiwán y otra más en alianza con Infineon, Bosch y NXP en Alemania. Adicionalmente ha planteado la adquisición de 3 plantas en Asia.

En el caso de la inversión de TSMC en Arizona, se han hecho públicas una serie de declaraciones por parte de la empresa tendientes a incrementar tanto el volumen de inversión como el nivel tecnológico de dicha planta, lo que la pondría eventualmente en un nivel comparable al de sus operaciones más sofisticadas en Taiwán, que son a su vez el estado del arte a escala global.

SK HY



SK hynix Inc. empresa de origen surcoreano fundada en 1983 como una división del corporativo Hyundai, especializada en la producción de chips de memoria, ocupando en el segmento el segundo lugar global, después de Samsung. Sus plantas de manufactura se localizan en Corea del Sur, EE.UU., China y Taiwán.

Entre los clientes más importantes de esta empresa se encuentran Apple, Asus, y Hewlett Packard. Sus ingresos reportados hacia el cierre del año 2024 fueron del orden de USD 46.000 millones, un crecimiento asociado al enorme incremento en ventas de chips de memoria para IA. Tiene más de 31.000 empleados globalmente. Hacia el año 2020 SK hynix adquirió una parte importante de la base productiva de Intel para la fabricación de chips de memoria por USD 9.000 millones, acuerdo en el que se incluyó la planta de fabricación más grande que disponía Intel en China.

### Localización de operaciones



Esta empresa se ha posicionado particularmente en un segmento que la diferencia de Intel y Samsung, permitiéndole un desarrollo con condiciones favorables ante sus competidores directos. Recientemente ha planteado su expansión mediante dos nuevas plantas de fabricación en Corea del Sur y una planta de ATP en Indiana, EE.UU..

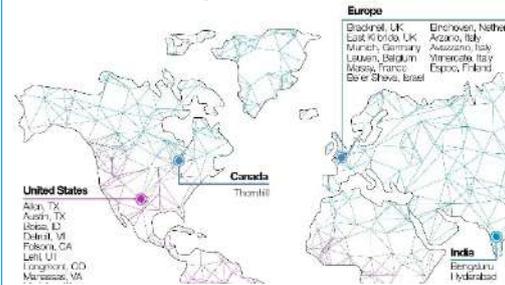
MICRON



Micron Technology, Inc. es una empresa fabricante de semiconductores de origen estadounidense fundada en 1978 y dedicada al segmento de memoria. Sus ingresos para el cierre del año 2024 fueron del orden de USD 25.100 millones.

Micron se distingue por comercializar tarjetas de memoria, discos duros y dispositivos de almacenamiento portátil para el mercado de consumo con marcas propias, adicionalmente atiende a empresas del sector tales como Nvidia.

#### Localización de operaciones



La extensión de la cadena de valor hacia enfrente de esta empresa le permite diferenciar su modelo de negocio y retener una proporción mayor del valor generado.

Su programa de expansión reciente incluye dos plantas de fabricación en EE.UU. (Idaho y Nueva York), ambas beneficiarias de incentivos derivados del CHIPS and Science Act.

SMIC



Semiconductor Manufacturing International Corporation es la empresa de fundición de semiconductores más grande de China, fue fundada en el año 2000. En el año 2024 tuvo ingresos por USD 8.000 millones. Su base de manufactura se localiza en diversos puntos de China continental y una operación en Italia. Entre sus clientes más importantes destacan Qualcomm, Broadcom y Texas instruments.

Siguiendo una ruta similar a la de Huawei, SMIC dejó de cotizar en la bolsa en EE.UU. en 2019 en medio de presiones derivadas de la guerra comercial de China con los EE.UU.. El gobierno de EE.UU. también ha impuesto restricciones a la exportación de insumos para SMIC. TSMC demandó y ganó un litigio a SMIC por apropiarse indebidamente de propiedad intelectual.

Después de estos incidentes, la empresa ha recobrado fuerza con el respaldo decidido del gobierno chino para establecerse como el emblema de la industria de semiconductores de origen nacional e invertir para incrementar su capacidad instalada construyendo en su momento la fábrica más grande de semiconductores de China en las inmediaciones de Shanghai (TH, 2021) enfocada a tecnología de 28 nm, lo que no la coloca en el espectro más avanzado.

### Localización de operaciones

China-Based, Global-Reach



SMIC representa la apuesta china al desarrollo de una industria nacional de semiconductores que pudiera apuntalarse en principio en el mercado interno, pero que sin embargo requeriría de los mercados del extranjero para cobrar posiciones de liderazgo. Adicionalmente a ello, China estará trabajando en el desarrollo de tecnologías de proceso propias, de lograrlo pondría en riesgo la ecuación del fabricante de equipos ASML como sustento técnico a los grandes jugadores actuales de una industria globalizada.

SMIC apuesta recientemente a la expansión de su capacidad productiva con tres fábricas en China (Tianjin, Shanghai y Shenzhen).

<p>GF</p>		<p>Empresa originaria de los EE.UU., fundada en 2009 tras la desinversión en fabricación de la empresa AMD y actualmente es propiedad del emirato de Abu Dhabi. Cuenta con una base de 13.000 empleados y dispone de plantas en Alemania, Singapur y los EE.UU.. Es la cuarta empresa más grande en el mundo en fabricación de semiconductores y para 2024 tuvo ingresos del orden de USD 6.750 millones. Se concentra principalmente en los servicios de <b>Foundry</b>, entre sus principales clientes se encuentran AMD, Bradcom, Qualcomm y STMicroelectronics.</p> <p>GF tiene la designación de “Fundición de confianza” de parte del Gobierno Federal de EE.UU. y tiene designaciones equivalentes en Singapur y Alemania, lo que le otorga preferencia a ser seleccionado como proveedor. En 2019 demandó a TSMC por violación de patentes y al poco tiempo después TSMC demandó a GF por el mismo concepto, pero en otras patentes. El caso resultó en una negociación en la cual ambas empresas acordaron otorgarse derechos cruzados sobre sus respectivas patentes.</p> <p>GF juega un rol complementario pero importante en la suma de capacidades internacionales para la fabricación de semiconductores. Derivado de su escala y de la intención de los grandes jugadores de incrementar su dominancia de manera acelerada, GF pudiera ser adquirida por otra empresa del sector de mayor tamaño.</p> <p>Recientemente ha anunciado la construcción de una fábrica en Nueva York, EE.UU., una más en Alemania y una tercera en Francia en alianza con ST Microelectronics.</p>
<p>UMC</p>		<p>United Microelectronics Corporation, empresa taiwanesa fundada en 1980, fue la primera empresa productora de semiconductores de Taiwán, como una empresa derivada del Industrial Technology Research Institute con el auspicio del gobierno. En el segmento de <b>Foundry</b> solo es superada por TSMC, cuenta con 10 plantas de fabricación distribuidas en Taiwán, Singapur y China. Dispone de más de 10.500 empleados globalmente.</p> <p><b>Base de manufactura</b></p> <p><b>UMC's Strong Manufacturing Base</b></p> <div data-bbox="651 1234 1305 1541"> </div> <p><b>ChipEx 2018</b> May 1, 2018 16</p> <p>UMC complementa las capacidades de fabricación originarias de Taiwán y pudiera ser un caso también de una empresa adquirida por otra de mayor tamaño.</p>

NVIDIA		<p>NVIDIA fue fundada en EE.UU. en 1993 (Silicon Valley) con enfoque en desarrollar las Unidades de Procesamiento Gráfico (GPU) que le dieron el liderazgo en el mercado de videojuegos y de cuyo segmento ocupa aproximadamente el 80% del mercado. Con el surgimiento de la Inteligencia Artificial, NVIDIA se ha convertido en un jugador importante en el cómputo de alto desempeño.</p> <p>Se trata de una empresa <i>Fabless</i>, es decir, que no cuenta con plantas de manufactura, a pesar de ello cuenta con más de 38.000 empleados y presencia en 38 países. Sus ingresos para el 2024 fueron del orden de USD 60.900 millones.</p> <p>Hacia finales de 2024 se divulgaron noticias de la construcción de una planta de fabricación por parte de Foxconn en México para la producción del chip denominado GB200 de NVIDIA, orientado a aplicaciones de inteligencia artificial; mientras algunas notas nacionales (México) apuntaron hacia la instalación de una “<b>megaplanta</b>” en Jalisco (región centro-occidente del país), otras notas indicaron que sería desarrollado desde una planta pre-existente de Foxconn en Chihuahua (frontera norte del país).</p> <p>En los medios internacionales se precisa que el proyecto consiste en el ensamble de servidores de las familias DGX y HGX que utilizan los citados semiconductores, y que esta operación se realizaría desde una planta en Chihuahua a la que se invertirían del orden de USD 500 millones a fin de habilitar dicha producción. Se precisa en cualquiera de los casos que no se trata de un proyecto de fabricación de semiconductores, sino de la integración de estos a bienes de uso institucional<sup>6</sup>.</p>
QUALCOMM		<p>Fundada en EE. UU. en 1985, opera bajo el modelo de negocio <i>Fabless</i>; es decir, diseña y desarrolla semiconductores, mas no los fabrica, empaqa o prueba, inició sus actividades basadas en contratos de gobierno y defensa, y en la actualidad se enfoca en semiconductores para aplicaciones de telecomunicaciones.</p> <p>Qualcomm obtiene sus ingresos fundamentalmente de las regalías por el licenciamiento de sus patentes y servicios de desarrollo, por lo que la propiedad intelectual es su principal activo y la coloca como una de las principales empresas en el segmento de semiconductores para comunicaciones inalámbricas y transferencia de datos en dispositivos móviles, alcanzando ingresos anuales del orden de USD 11.000 millones.</p> <p>Dado el alcance de sus operaciones, no es una empresa para la que la CHIPS and Science Act resulte particularmente atractiva. Dispone de operaciones en México de soporte a las actividades de su casa matriz en EE. UU. en 2023 anunció una inversión de USD 40 millones en Baja California.</p>
INFINEON		<p>Infineon es considerada el segundo fabricante más grande de semiconductores de Europa, originaria de Alemania y fundada en 1999, fue una filial de la empresa Siemens.</p> <p>Actualmente cuenta con alrededor de 58,000 empleados globalmente, reportando ingresos por USD 15,650 millones para el ejercicio 2024.</p> <p>Participa primordialmente en la fabricación de microcontroladores para los segmentos de electrónicos de potencia, aplicaciones industriales, automotrices y smartcards. Sostiene una operación de empaque y prueba al norte de México bajo la empresa denominada Rectificadores Internacionales SA de CV</p> <p>Dentro de las inversiones recientes de la industria de semiconductores, Infineon aparece con una nueva planta de fabricación en Alemania.</p>

6. Véase <https://mexicobusiness.news/cloudanddata/news/foxconn-builds-nvidia-ai-servers-mexico-stargate-project> y <https://www.trendforce.com/news/2025/04/09/news-nvidia-poised-to-bypass-u-s-tariffs-with-60-of-ai-servers-reportedly-shipped-from-mexico/>

IDM	<b>Otras empresas que operan bajo el modelo IDM</b>	<p>Otras empresas que integran los procesos de diseño, fabricación y empaque en menores escalas a Intel y Samsung incluyen a firmas tales como, Matsushita, Fujitsu, Hitachi, Sony, Toshiba, Mitsubishi, National Semiconductor, Sony, ON Semiconductor, por mencionar algunas. En ocasiones estas empresas subcontratan servicios de fabricación de semiconductores para determinados productos, operando también como empresas Fab-Lite.</p> <p>Se espera que el modelo de IDM siga perdiendo terreno respecto a los modelos <i>Fabless-Foundry</i> y <i>Fab-Lite</i> hasta un punto en que quizá represente cerca de la mitad del total de operaciones de manufactura de semiconductores, especialmente en los casos en que las empresas tengan el deseo y necesidad de mantener un estricto control de la innovación de producto y proceso en torno a sus desarrollos. En el 2020, en términos de volumen de negocio (ventas) el modelo IDM generó prácticamente el doble de ingresos respecto al modelo <i>Foundry</i><sup>7</sup>.</p>
<b>Fab-Lite</b>	<b>Otras empresas que operan bajo el modelo Fab-Lite</b>	<p>Modelo aplicado en la actualidad por un número creciente de empresas que no disponen de las condiciones para levantamiento de capital y rápida expansión de capacidad, e inclusive para aquellas empresas cuyos productos son altamente cíclicos, será un modelo por popularizarse con más empresas. En la actualidad Infineon, Texas Instruments, NXP, IBM y AnalogDevices ya sacan ventaja de esto, evitando la responsabilidad del control de proceso y las fuertes inversiones en activos fijos. Este modelo resulta de la combinación de los extremos de integrado y <i>Fabless</i>, por lo que toma ventajas de ambos.</p>
<b>Foundry</b>	<b>Otras empresas de subcontrato de fundición / manufactura</b>	<p>Un modelo en expansión, sin lugar a duda se extenderá el volumen de producción de empresas <i>Fabless</i> vía terciarización, haciendo de estos contratistas los verdaderos jugadores de gran escala en la industria. La trayectoria a la que se hace referencia ya se ha transitado para la manufactura electrónica, por ejemplo, dando paso a que hoy en día empresas taiwanesas como Foxconn y Pegatron ocupen los primeros lugares globales en la terciarización de la producción de bienes electrónicos de consumo.</p> <p>Foxconn por ejemplo ha buscado establecer adicionalmente alianzas con otras empresas para la fabricación de semiconductores (I.E. con la empresa Vedanta en India, misma que no prosperó por cuestiones administrativas, entre otras)</p>
<b>Fabless</b>	<b>Otras empresas que desarrollan y diseñan semiconductores sin capacidad de manufactura</b>	<p>Para empresas como Qualcomm, Nvidia, AMD, Apple y Broadcom, entre muchas otras más, el modelo <i>Fabless</i> forma parte de una estrategia en la que el diseño y el posicionamiento de marca en el mercado tienen aún mayor valor.</p> <p>Las empresas <i>Fabless</i> obtendrán el soporte de manufactura de las empresas <i>Foundry</i> en términos de mayor conveniencia y podrán considerar a más de una alternativa de proveedor en caso necesario como parte de un mecanismo de dispersión de riesgo y de mantener entornos de negociación balanceados; de concentrarse la capacidad de producción en pocas empresas de <i>Foundry</i>, estas tendrán mayor control en el establecimiento de precios y condiciones contractuales.</p>

7. Statista, recuperado de <https://www.statista.com/statistics/553236/worldwide-fabless-system-company-idm-ic-sa-les-comparison/>

OSAT	<p><b>Empresas que operan como proveedores de empaque y prueba</b></p> <p><b>OSAT</b></p>	<p>La subcontratación de los procesos de empaque y prueba se podrá desarrollar en regiones de menor costo hasta el punto en que la automatización haga irrelevante el criterio de costos de operadores y técnicos.</p> <p>Entre las empresas más grandes a nivel global del segmento se encuentran ASE Technology Holding, Amkor, JCET, Siliconware Precision Industries (Spil), Powertech Technology, TongFu Microelectronics Co., Tianshui Huatian Technology Co., UTAC Holdings Ltd., entre otras. Las 5 más grandes del mundo tienen ingresos anuales entre los USD 2.000 y 12.000 millones.</p> <p>Estas operaciones rara vez son de interés para ser ejecutadas por empresas <i>Fabless</i> o de <i>Foundry</i>. Se trata de operaciones con bajo poder de influencia en el sector para las cuales la disponibilidad de capacidad instalada y los vínculos con clientes o fabricantes son importantes.</p>
------	---	--

Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

- **Distribuidores de semiconductores**

En general un segmento de soporte a la industria que cubre la función de facilitar la disponibilidad de semiconductores a clientes medianos y pequeños, así como del abasto por urgencia para grandes consumidores se trata en todos los casos de comercializadores que no fabrican semiconductores. Para el cierre del año 2023, se estima que el tamaño del mercado de distribución de semiconductores fue del orden de los USD 192,2 miles de millones (Gartner, 2024), lo que representa casi una tercera parte de las ventas totales.

**Tabla 6.**

Descripción de actores: distribuidores comerciales (no fabricantes)

REFERENCIA	LOGOTIPO O DESCRIPTOR	SINOPSIS
DIST	<b>Empresas distribuidoras de semiconductores</b>	<p>Múltiples empresas participan en el negocio de distribución comercial de semiconductores (Arrow Electronics, Avnte, Future electronics, TTI, Digi-Key, Newark, etc.). Participan tanto de grandes empresas con presencia en múltiples países, como de empresas pequeñas y medianas con enfoque en nichos de especialidad y regiones particulares.</p> <p>Estas empresas crean valor mediante la gestión de inventarios que incluye la procuración y suministro, el remate de excedentes o la mera intermediación como representantes comerciales de fabricantes, especialmente cuando los volúmenes de compra no son altos y el fabricante no desea atender dichos pedidos.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

- **Consumidores de semiconductores (integradores y verticales)**

Si bien algunos fabricantes de productos electrónicos como Apple, por ejemplo, diseñan sus propios semiconductores como un mecanismo de diferenciación y control de la innovación, en la generalidad los consumidores trasladan estas actividades por completo a la cadena de valor de la industria de semiconductores para que desarrolle acorde a sus requerimientos y/o les abastezca con base en la oferta de componentes que cada una lleva al mercado.

Para efectos de estimar la demanda futura de semiconductores, es necesario ver las tendencias de crecimiento de los productos que los utilizan, siendo los más prometedores a futuro los relacionados a la inteligencia artificial (aplicaciones en centros de datos) e industria automotriz.

Se destacan solo las principales empresas con capacidad de incidencia directa en las decisiones de escala macro de la industria de los semiconductores. Para verticales específicas se sintetiza el rol de cada industria en términos de su incidencia en la gobernanza de la cadena de suministro.

**Tabla 7.**  
Descripción de actores: consumidores

REFERENCIA	LOGOTIPO O DESCRIPTOR	SINOPSIS
APPLE		<p>El consumidor más grande de semiconductores del mundo, abarcando casi el 11% del mercado global en 2024. Apple diseña sus propios semiconductores para uso en sus dispositivos y contrata también servicios de diseño a terceros, no fabrica semiconductores, por lo que mantienen relaciones estrechas de negocio con las empresas más grandes y avanzadas del mundo en la materia, incluidas Samsung y TSMC.</p> <p>Dada la escala de su participación, Apple tiene la capacidad de influir de manera severa en la industria de fabricación de semiconductores, la pérdida de negocio de Apple representa potencialmente un incidente catastrófico para un fabricante de semiconductores.</p>
SAMS-EL	<b>SAMSUNG</b>	<p>Además de ser uno de los principales fabricantes a nivel global de semiconductores, Samsung es el segundo comprador en el mundo de estos componentes. Las relaciones de negocio entre Apple y Samsung incluyen roles de competidor, proveedor y aliado simultáneamente que cambian en el tiempo.</p> <p>Como se ha dado referencia previamente, Samsung es uno de los grandes jugadores de la electrónica de consumo en el mundo, a diferencia de Apple que participa esencialmente en 4 familias de productos (teléfonos móviles, computadoras personales, tabletas y wearables), Samsung también participa en otras familias como la de televisores, electrodomésticos, equipo para redes, dispositivos de almacenamiento, dispositivos médicos, control de clima, entre otros.</p>
Telefonía y PC	<b>Otras empresas especializadas en la fabricación de equipo de telefonía y computo</b>	<p>7 empresas adicionales, fabricantes de equipo de telefonía y cómputo (Huawei, Lenovo, Dell Technologies, BBK Electronics, HP Inc., Xiaomi y Hewlett Packard Enterprise) representan un porcentaje considerable del consumo global de semiconductores, manteniendo con ello gran poder de negociación.</p> <p>El segmento de infraestructura de telecomunicaciones y cómputo, que incluye dispositivos tales como estaciones de transmisión, servidores y otros equipos de almacenamiento y procesamiento de datos que se utilizan a nivel institucional (no personal) aportan significativamente a la demanda global de semiconductores del mundo. Las granjas de servidores para dar sustento a criptomonedas son parte de este segmento.</p> <p>El segmento de comunicaciones representó en 2024 el 32% de la demanda, mientras que el cómputo representó el 25%. (SIA, 2024).</p>

OEM-E	<b>Empresas fabricantes de otros electrónicos de consumo</b>	<p><b>Original Equipment Manufacturers</b> (fabricantes de marca propia). Otros fabricantes de electrónicos de consumo, del segmento de teléfonos celulares, computo, televisores y otros electrodomésticos continuarán siendo el principal bloque demandante de semiconductores de alta tecnología en volumen, pudiendo representar del orden de un 11% adicional del total de mercado. (SIA, 2024).</p> <p>Sus requerimientos dictarán el paso de desarrollo de la industria de los semiconductores, sin embargo, también los avances en la técnica dictarán la funcionalidad de nuevos dispositivos (de diversa índole y no solo teléfonos móviles). Este bloque de clientes seguirá siendo el predilecto para la industria de los semiconductores dado su alto consumo de productos de alto valor.</p>
HONHAI		<p>El mayor contratista de manufactura del sector electrónico (EMS) del mundo, grupo Hon Hai, que incluye a su subsidiaria Foxconn, originario de Taiwán es el único en su categoría en alcanzar la lista de los 10 principales compradores globales de semiconductores con una participación del 1,3% en 2023.</p> <p>El abasto que esta empresa realiza corresponde a componentes que integra para sus clientes, empresas como Acer, Amazon, Apple, Cisco, Dell, Sony, Nintendo, Google, Microsoft y múltiples otros.</p>
EMS	<b>Empresas subcontratistas de manufactura electrónica</b>	<p>Electronic Manufacturing Services (contratistas de manufactura electrónica). Mas empresas de esta naturaleza seguirán avanzando en ganar terreno de la producción de bienes electrónicos diseñados y comercializados por sus clientes.</p> <p>Empresas tales como Jabil, Pegatron, Flextronics, Sanmina y muchos más de menor escala serán grandes consumidores de semiconductores, sin embargo, sus clientes (empresas como Apple, Sony, Dell, etc.) determinarán las especificaciones y fuentes de abasto.</p>
PROP	<b>Empresas de productos electrónicos de arquitectura cerrada</b>	<p>Sistemas propietarios: Generalmente se trata de empresas con productos de arquitectura cerrada (propia, no compartida con otras empresas), para los cuales los componentes son de diseño exclusivo y por ende tienden a ser de volúmenes de producción reducidos, algunos casos corresponden a la maquinaria, los dispositivos electromédicos, automotrices, aeronáuticos, de telecomunicaciones y de productos de consumo de marcas con enfoque de alta gama como Bose o Bang &amp; Olufsen.</p> <p>En estos casos, las empresas compradoras se podrían enfrentar a políticas de los fabricantes de semiconductores que impliquen pagar precios más altos para disponer de los componentes.</p>
Indust	<b>Empresas fabricantes de equipo industrial o de uso por especialistas</b>	<p>Las aplicaciones de diversas industrias para los semiconductores (fabricación de maquinaria, robots, equipos médicos, aeronáuticos, espaciales, entre otros bienes que no son de consumo final) se encuentra en aumento derivado de los procesos de digitalización, proliferación de la inteligencia artificial y los protocolos de Industria 4.0, a pesar de ello, en múltiples casos se seguirá tratando de semiconductores de función específica y de relativo bajo costo, que adicionalmente no se encuentran sujetos a las mismas consideraciones de reducción de tamaño, incremento de la velocidad y capacidad de procesamiento de datos, reducción en la disipación de calor y consumo energético, parámetros exigidos por la telefonía móvil y en menor grado el cómputo personal.</p> <p>El colectivo del segmento industrial representa una participación estimada en el orden del 14% del mercado de los semiconductores (SIA, 2024). Se trata de un mercado fragmentado que consume tanto productos a la medida como genéricos.</p>

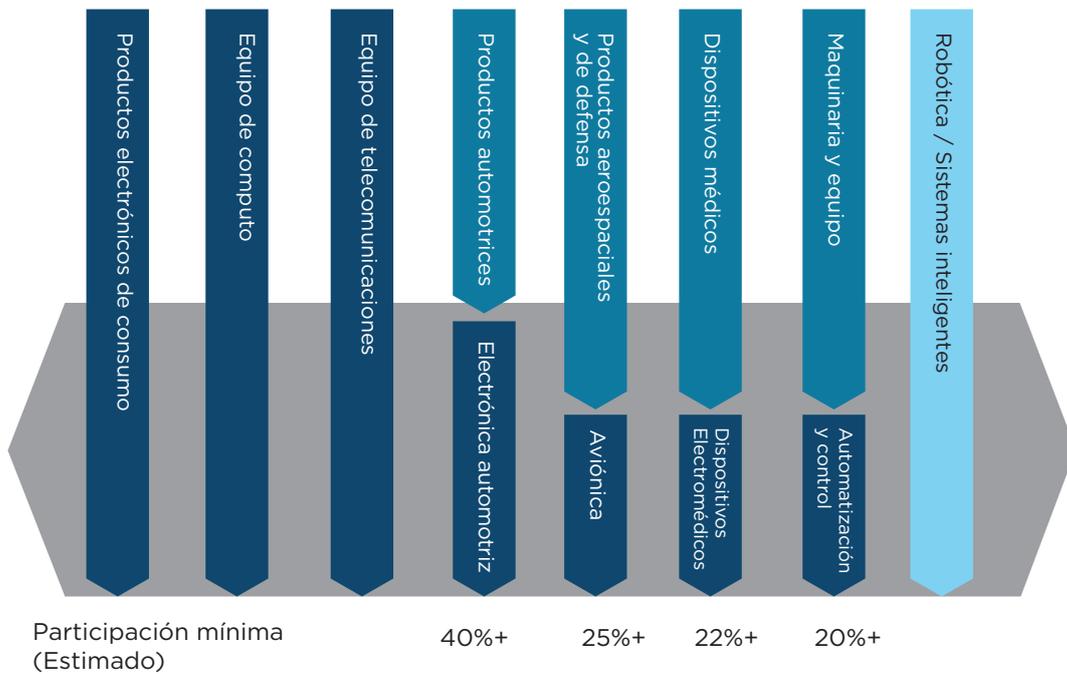
Auto	<b>Industria automotriz</b>	<p>El sector automotriz representa el segmento de más rápido crecimiento en el consumo de semiconductores con cerca del 17% del mercado para el cierre de 2023 (SIA, 2024).. Un automóvil actual contiene alrededor de USD 800 de valor en semiconductores, prácticamente el doble comparado con 2019, importe que se espera pueda alcanzar los USD 1.350 hacia el año 2030 (PWC, 2024).</p> <p>Los años 2019 y 2020 tuvieron gran beneficio para la industria de semiconductores, inclusive la pandemia de COVID-19 tuvo un efecto neto de incremento en la demanda, impulsado por el cómputo tanto personal como institucional, al elevarse el volumen de datos transferidos a distancia y las soluciones en la nube. Sin embargo, el sector automotriz por su parte resultó ser severamente afectado por el desabasto de semiconductores.</p> <p>La explicación a este fenómeno que continuó incidiendo en la industria hasta el año 2022, se deriva de una serie de factores que se conjugaron a partir de la pandemia iniciados por una contracción en la demanda que sacó de sincronía en la secuencia de abastecimiento a las armadoras automotrices en los programas de producción de las empresas de semiconductores.</p> <p>En primera instancia, la demanda de autos nuevos sufrió un considerable declive, ante el cual la industria reaccionó con sus prácticas habituales de negocio que incluyen suspender la colocación de pedidos y mantener al mínimo sus inventarios (modelo esbelto / justo-a-tiempo).</p> <p>Desde la perspectiva de la industria de semiconductores, el sector automotriz era considerado de menor prioridad respecto al segmento de telefonía móvil y computo que no solo consume productos de mayor valor y en volúmenes más altos, sino que durante el 2020 exhibió una demanda al alza. La atención entonces puesta en atender el grupo de clientes más dinámicos hizo que cuando el sector automotriz buscara reactivar el abasto la capacidad antes disponible para atenderlos se encontrara ocupada. Algunas fuentes refieren que el problema radica particularmente en productos que se fabrican en obleas de 200mm, donde no se ha enfocado la mayor parte de la nueva capacidad instalada, dado que las empresas líderes progresan a los formatos de 300mm y 450mm por ser de mayores rendimientos.</p> <p>A pesar de ser de menor escala en demanda de semiconductores que los equipos de comunicación y de cómputo, el segmento automotriz es un mercado significativo y en crecimiento que diversas empresas de semiconductores .</p> <p>La electrificación del tren motriz tiene un marginal impacto en la demanda de semiconductores para el sector automotriz; resulta importante aclarar que las baterías para autos eléctricos distan mucho de ser parte de la industria de los semiconductores. Las tendencias que impulsarán mayor contenido de estas tecnologías en los autos serán la conectividad y la conducción autónoma.</p>
GOB	<b>Gobierno / defensa</b>	<p>El gobierno visto solo como consumidor de semiconductores, especialmente en países desarrollados y asociado a aplicaciones de defensa y uso militar puede ser altamente selectivo en las empresas y modelos de negocio a autorizar derivado de consideraciones sobre la seguridad nacional.</p> <p>En términos agregados la demanda del sector gubernamental no alcanza los niveles del consumo derivado de bienes del público en general. El sector gobierno en el agregado abarca del orden del 1% del mercado de semiconductores.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

Derivado de la tendencia generalizada de digitalización en múltiples industrias, el contenido de valor de componentes electrónicos en ellas se incrementa, en gran medida

debido a la inclusión de semiconductores en equipos y productos. Esta tendencia solo irá en aumento hacia los años por venir. La Figura 43 ilustra la participación de valor estimada de electrónica en diversas familias de productos.

**Figura 43.**  
Participación del contenido electrónico en diversas industrias



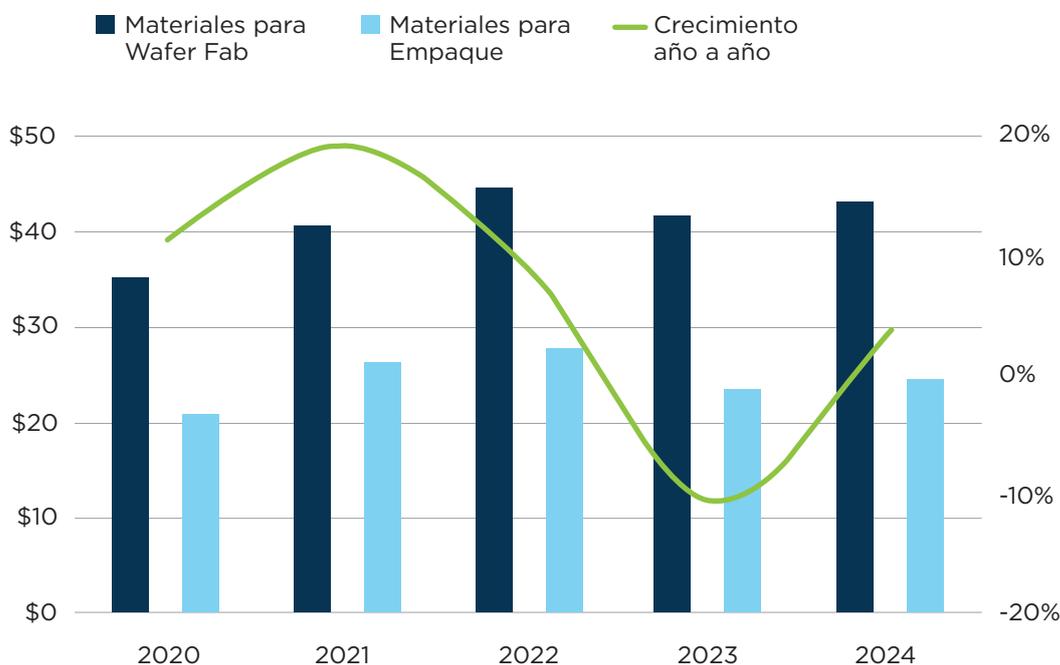
Fuente: CANIETI, Secretaría de Economía y AXIS (2017).

- **Proveedores de materias primas y otros insumos directos**

Cientos de empresas especializadas abastecen una diversidad de insumos particulares para la industria de semiconductores, se trata de empresas con altas competencias técnicas y en múltiples casos con propiedad intelectual que las hace únicas en su clase. Como se muestra en la Figura 44, el mercado de materiales para la fabricación de semiconductores ha presentado un relativo estancamiento. Aproximadamente el 63% de los materiales son consumidos por el proceso de fabricación (*Wafer fab*) y el 37% restante corresponde al proceso de empaque y prueba. Los principales mercados en orden de tamaño son en primer lugar Taiwán, seguido por China y Corea del Sur (SEMI, 2021a). En 2024 el mercado de materiales para la producción de semiconductores tuvo un valor estimado de USD 67.500 millones (SEMI, 2024).

**Figura 44.**

Mercado global de materiales para semiconductores (USD miles de millones)



Fuente: SEMI (2024).

Si bien en términos de gobernanza, los proveedores de materiales para la fabricación de semiconductores mantienen un vínculo de cautividad con el sector, operativamente algunas sostienen un balance de poder con las empresas fabricantes de semiconductores dado que las opciones de abasto para estas últimas son limitadas y el potencial de nuevos entrantes es reducido dada la experiencia y competencias técnicas requeridas, mientras que para los proveedores las posibilidades de diversificación para abastecer dichos insumos a otras industrias son prácticamente inexistentes al no ser requeridos. Se trata en lo general de un ecosistema de abastecimiento cerrado (Tabla 7).

**Tabla 8.**

Descripción de actores: proveedores de materias primas y otros insumos directos

REFERENCIA	LOGOTIPO O DESCRIPTOR	SINOPSIS
Químicos	<b>Proveedores de productos químicos utilizados en el proceso de fabricación</b>	El abasto de productos químicos para la manufactura de semiconductores incluye una serie extensa de sustancias y materiales requeridos, que en ocasiones no tiene aplicación alterna, por lo que existe una relación de mutua dependencia de estos con los fabricantes de semiconductores. Dados los niveles de pureza y confiabilidad requeridos, este eslabón de la cadena es poco permeable.

Metal	<b>Proveedores de metales utilizados como materia prima</b>	El oro de alto grado de pureza y los platinados en oro son requeridos en la industria de los semiconductores debido a la buena conductividad eléctrica y también por su resistencia a la corrosión. La provisión de estos materiales no es un problema para el sector, dada la existencia de fuentes de abasto confiables. El arsénico (semimetal), empleado para semiconductores de aplicaciones de alta frecuencia, es abastecido en un 97% por China, el resto proviene mayoritariamente de Perú y Marruecos.
Mask	<b>Proveedores de máscaras o plantillas para el proceso de fotolitografía</b>	La fabricación de máscaras o plantillas para los procesos de impresión de los semiconductores son producidos de manera directa por las empresas que operan bajo el modelo de IMD, en los casos de <b>Fabless</b> y <b>Foundry</b> , es común que se subcontraten a terceras empresas que los produzcan, esto es una actividad altamente especializada, pues cualquier defecto se reproducirá miles o millones de veces, afectando la producción de manera directa.
Matsemi	<b>Proveedores de materiales semiconductores (materias primas)</b>	La provisión de los materiales semiconductores se logra a partir de ciertas regiones del mundo donde los yacimientos han sido encontrados, el mineral llamado Coltán (compuesto de columbita y tantalita) se obtiene primordialmente de la República del Congo, sitio donde se le conoce como Oro Negro y que ha causado enormes problemas de explotación y riñas en torno a su obtención. Otras regiones del mundo reportan recientemente la existencia de Coltán (e.g. Australia, Brasil, Canadá, China, España, Colombia y Venezuela). A partir del procesamiento del Coltan se obtienen diversas materias primas para la fabricación de semiconductores. Es incierto el volumen disponible de materias primas para la fabricación de semiconductores, se considera escaso y por ello valioso. El cobalto, empleado para mejorar la conductividad, es extraído de minas de la República del Congo en un 70%; China controla aproximadamente el 80% de la refinación a escala global. El galio, utilizado para aplicaciones de alta frecuencia, es suministrado para EE. UU. en un 53% por China, Alemania y Japón con 13% cada uno y Ucrania un 5%. El paladio, es esencial para la producción de semiconductores con el fin de evitar la corrosión y mejorar la conductividad, para EE. UU., Rusia abastece el 34% del consumo, Sudáfrica el 30%, Italia y Alemania 8% cada uno, mientras que de Montana EE. UU. se obtiene un 16% de lo que dicho país demanda. Los precios del paladio son altamente volátiles. Los denominados Elementos de Tierras Raras (REE's) utilizados en semiconductores para aplicaciones de telecomunicaciones y defensa son controlados globalmente en más de un 60% por China. En el caso de Elementos de Tierras Raras Pesadas (Disprosió y Terbio, por ejemplo), China controla el 85% del abasto global. El silicio es el elemento de importancia en la producción de semiconductores más barato, China representa el 70% de la producción global, Rusia en segundo lugar representa el 7%, mientras que EE.UU. dispone de seis plantas con limitada capacidad que abastecen el mercado interno.
Resin	<b>Proveedores de resinas</b>	Las resinas, particularmente las empleadas para el encapsulado de los semiconductores son desarrollos patentados, para los cuales existe un número limitado de fuentes de abastecimiento por las restricciones de propiedad intelectual.

Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

- **Proveedores de software y equipamiento especializado**

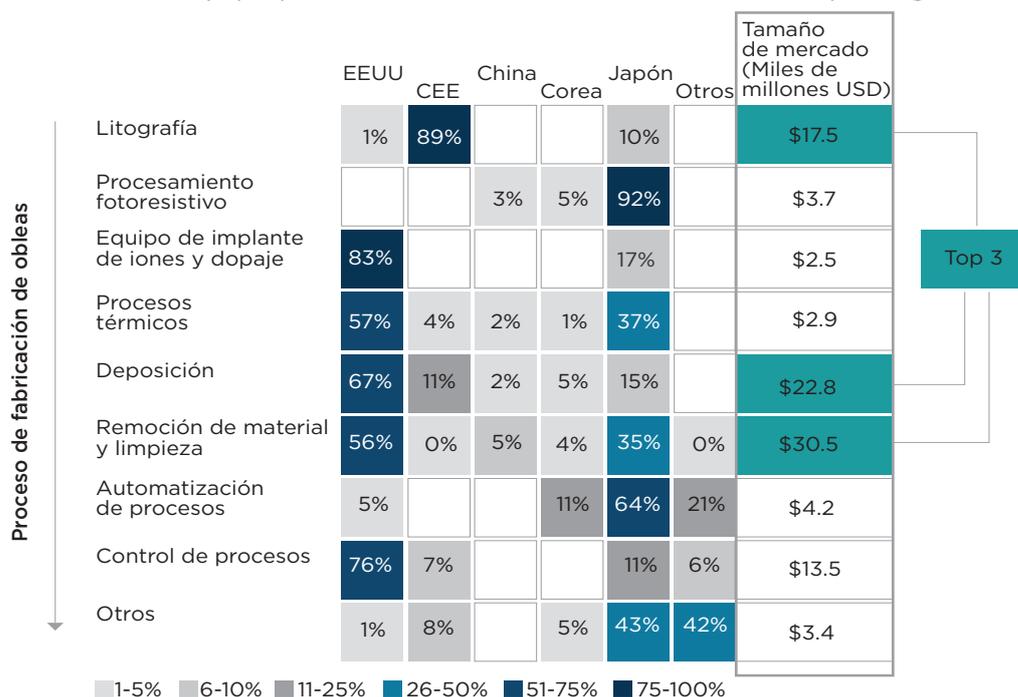
Solo se incluye una categoría general para software de diseño y los fabricantes de los principales equipos, asociados a la fotolitografía donde prácticamente la industria ha alcanzado un monopolio, solo amenazado por los potenciales desarrollos de equipos

por parte de China en el mediano y largo plazo, impulsados no solo por las intenciones de dicha nación de ser autosuficientes, sino también por las restricciones a la venta que se han impuesto para China.

El mercado global de equipo para la manufactura de semiconductores se encuentra valuado en los USD 110 miles de millones para el cierre de 2024. Destaca por procesos lo concerniente a equipo de fabricación, remoción de material y limpieza, así como automatización de procesos, tal como se ilustra en el Gráfico 7.

**Gráfico 7.**

Suministro de equipo para la manufactura de semiconductores por región



\*La región se determina con base en la localización del corporativo de la empresa. Distribución basada en ventas.

Fuente: SIA - BCG (2024).

**Tabla 9.**

Descripción de actores: proveedores de software y equipamiento especializado

REFERENCIA	LOGOTIPO O DESCRIPTOR	SINOPSIS
SW	<b>Proveedores de software para diseño de circuitos integrados</b>	Existen múltiples empresas en el espectro del software para diseño de semiconductores, Cadence resulta de las más utilizadas, sin embargo, otras como Mentor graphics, I-edit, Microwind permiten realizar diseños de complejidades distintas. El software para diseño de semiconductores se encuentra globalmente disponible para ser adquirido mediante licencias, algunas versiones corren desde la nube. Se considera que este eslabón no dispone de capacidad de incidir en la gobernanza de la cadena de valor, al ser un habilitador a nivel de herramienta y de existir suficiente oferta de soluciones distintas.

ASML		ASML es una empresa holandesa fundada en 1984 con la participación de la empresa Philips. Actualmente es el líder en el desarrollo, fabricación y venta de los equipos de fotolitografía para la producción de semiconductores, abarca prácticamente dos terceras partes de dicho mercado en el mundo. El resto se divide entre sus competidores tales como Ultratech, Canon y Nikon. Dispone del orden de 23.000 empleados a nivel global. Entre los clientes más importantes de ASML se encuentran Intel, Samsung Electronics y TSMC. ASML es además la única empresa en el mundo que fabrica en la actualidad los equipos de fotolitografía de EUV (ultravioleta extrema), necesarios para la producción de los semiconductores de tecnología más avanzada (cada máquina tiene un costo que circunda los USD 380 millones).
Zeiss		La empresa alemana Carl Zeiss es la proveedora de elementos ópticos cruciales para la fabricación de máquinas de fotolitografía de ASML, el desarrollo de los procesos y lentes necesarios requirió de un trabajo de I+D conjunto de ASML, Carl Zeiss y Philips de más de dos décadas. Este nivel de alianza estratégica que permite sumar las capacidades tecnológicas de las empresas es único en su tipo, comparado con los competidores japoneses en la fabricación de equipo de fotolitografía Nikon y Canon que fabrican sus propios lentes y maquinas, lo que ha resultado menos efectivo que la colaboración de Zeiss y ASML.
Philips		Philips es un aliado estratégico de ASML para la fabricación de equipos de fotolitografía, ubicado también en Holanda funge como socio tecnológico, sin embargo no interactúa significativamente por su cuenta con los fabricantes del sector.
Eq Fab	<b>Otras empresas fabricantes – proveedores de equipo para los procesos de fabricación y prueba</b>	Al tratarse del orden de los cientos de tipos de maquinaria y equipos utilizados en la fabricación, empaque y prueba de semiconductores, la diversidad de empresas y relevancia en la cadena de valor es grande, habiendo tanto equipos sofisticados y precisos, como herramientas relativamente genéricas, de uso en diversas industrias.

Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

Dada la posición singular de ASML en la cadena de valor de los semiconductores, resulta fundamental considerar la postura de esta empresa ante el escenario de riesgos globales que aqueja al sector; destacan cuatro elementos de su reporte a inversionistas para 2024:

1. TENSIONES GEOPOLÍTICAS (al alza): Potenciales impactos en disrupción de las cadenas de suministro, limitaciones para adquirir insumos o vender productos o servicios de o a ciertas empresas, violación de leyes o regulaciones, control de la propiedad intelectual, contratación de recursos humanos.
2. ECONOMÍA GLOBAL INCIERTA (se mantiene): Condiciones macroeconómicas globales inciertas, demanda de semiconductores con mayor incertidumbre, ordenes de equipo se han desfasado y no hay claridad de tiempo para que las condiciones cambien.
3. PRESIÓN SOBRE EL ECOSISTEMA PARA LA PROTECCIÓN DEL CONOCIMIENTO CLAVE Y LA PROPIEDAD INTELECTUAL (al alza): Tanto la empresa como sus aliados experimentan amenazas cibernéticas y de otro tipo a su propiedad intelectual y activos de conocimiento.

4. RETOS AL CRECIMIENTO (se mantiene): A pesar de la incertidumbre, se mantiene un programa de crecimiento sustancial que enfrenta retos con las restricciones en la cadena de suministro, la contratación, integración y retención de talento.

Complementariamente a este análisis, ASML visualiza hacia el año 2030 un crecimiento de hasta el 18% en demanda de sus clientes del segmento de “Servidores, centros de datos y almacenamiento de datos”, el segmento con mayor crecimiento, seguido de un 9% por el sector de aplicaciones automotrices, 7% por la electrónica industrial, 6% por la infraestructura de telecomunicaciones. Menores crecimientos de demanda de equipos se esperan por parte del segmento de teléfonos inteligentes, computo personal y electrónica de consumo.

- **Instituciones y empresas de investigación**

Como se ha referido previamente, además de las inversiones en bienes de capital, la industria de semiconductores destina una porción alta de sus ingresos a la I+D, dentro de ella, las apuestas por extender la frontera del conocimiento implican apuestas de largo plazo donde las empresas privadas establecen redes de colaboración con entes gubernamentales e instituciones educativas y de investigación. A pesar de que un gran número de universidades forman personal especializado y participan en el desarrollo tecnológico, se presentan las redes por tratarse de actores de mayor impacto en el sector. Se destaca la publicación científica de la última década por parte de los EE.UU. y China, sin embargo, también se identifica que los desarrollos más significativos ocurren en colaboraciones de expertos en varios países. El reporte de SIA y BCG del año 2021 refiere a las primeras tres redes de colaboración para la I+D del sector presentadas a continuación como entre las más importantes.

**Tabla 10.**

Descripción de actores: instituciones y empresas de investigación

REFERENCIA	LOGOTIPO O DESCRIPTOR	SINOPSIS
NSTC		El consorcio público - privado dedicado a la I+D en materia de semiconductores en los Estados Unidos, se deriva del CHIPS and Science Act con los objetivos de extender el liderazgo tecnológico de EE.UU., reducir los tiempos y costos de prototipado, y construir y mantener el ecosistema de desarrollo de la fuerza de trabajo. Se complementa con iniciativas satélite en materia de Empaquetado Avanzado, Metrología, Sistemas de Manufactura y Microelectrónica.
IMEC		Interuniversity MicroElectronics Centre, establecido en Bélgica en 1984 como organización o lucrativa con laboratorios en siete países situados en Europa, Asia y América del norte. Dispone de más de 600 aliados que incluyen agencias gubernamentales, universidades y empresas.
CEA Leti		Establecido en Francia en 1967 como entidad de investigación no lucrativa, se ha convertido en una de las instituciones mundiales más grandes de investigación de semiconductores en el mundo, contando con más de 1.900 investigadores. Desarrolla proyectos con más de 250 contrapartes industriales.
A*STAR		Singapore's Agency for Science, Technology and Research, establecida en 1991 para impulsar la I+D en las 4 áreas estratégicas de tecnología del país, una de ellas corresponde a los semiconductores desde la cual colabora con empresas privadas.

SRC		<p>Situado en los EE.UU., SRC es el principal consorcio de impulso a la investigación en microelectrónica del mundo con participación bajo un modelo de triple hélice (gobierno, academia e industria), incluye a más de 20 empresas del sector y 100 universidades.</p>
TRCS		<p>El Transnational Research Center for Semiconductors de la Universidad Nacional Yang Ming Chiao Tung de Taiwán conjuga las capacidades de organizaciones líderes en el mundo relacionadas a la industria de semiconductores con la finalidad de formar talento y desarrollar proyectos de investigación. El siguiente diagrama presenta a los actores relacionados a este centro:</p> 

Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

- **Gobiernos nacionales**

Se destaca la postura en torno a la reconfiguración de la industria de los semiconductores desde la perspectiva de cada país considerado, se incluyen los países de ALC que han tomado iniciativas formales de impulso a la industria de semiconductores.

**Tabla 11.**  
Descripción de actores: gobiernos nacionales

REFERENCIA	BANDERA	SINOPSIS
EE.UU.		<p>Nación donde se origina la industria de los semiconductores, líder actual de la industria, centrado en las actividades de diseño y desarrollo, con capacidades comparativamente reducidas de manufactura.</p> <p>Para retener el liderazgo, soberanía tecnológica y otras ventajas competitivas, EE.UU. generó una política gubernamental orientada en incentivar el establecimiento de plantas de manufactura de semiconductores en su territorio y fortalecer el ecosistema en torno a ello, poniendo el tema como uno de los ejes más sensibles en la guerra comercial que sostiene con China. La citada CHIPS and Science Act, aprobada en el congreso de los Estados Unidos en agosto de 2022, designó USD 52,000 millones derivados de impuestos para impulsar y revitalizar la industria nacional de semiconductores (USD 38.200 millones inicialmente asignados para incentivos a empresas, 800 millones para la gestión del programa de incentivos, 11.000 millones para iniciativas nacionales de I+D y el resto asociado primordialmente a iniciativas de fortalecimiento del ecosistema y de fuerza de trabajo) (NIST, 2025).</p> <p>Con ello se reconoce 26 proyectos de nuevas fábricas y/o plantas de ATP entre 2020 y 2024 que una vez desarrollados cambian drásticamente la posición de EE.UU. en la industria global de los semiconductores, además del fortalecimiento del ecosistema de soporte con redes de laboratorios e instituciones agrupados en 4 programas: The CHIPS National Semiconductor Technology Center (NSTC) Program, The CHIPS National Advanced Packaging Manufacturing Program (NAPMP), The CHIPS Metrology Program y The CHIPS Manufacturing USA Program.</p> <p>Como un componente complementario al CHIPS and Science Act, el gobierno de los Estados Unidos implementó el International Technology Security and Innovation Fund (ITSI Fund) con una bolsa asignada de USD 500 millones (100 millones por año durante 5 años, a partir de 2023) con el fin de impulsar iniciativas de fortalecimiento de las cadenas de suministro y el proceso de abasto de talento para los Estados Unidos en torno a la industria de telecomunicaciones y de semiconductores en conjunto con naciones aliadas, entre las que se ha contemplado mediante diálogos y acuerdos a Costa Rica, Panamá, Brasil y México.</p> <p>En enero de 2025 el Ejecutivo del Gobierno estadounidense ordenó la puesta en pausa de múltiples programas de financiamiento y estímulo económico, incluido el programa ITIS por su naturaleza de asistencia al extranjero, por lo que el financiamiento para los 3 años restantes del programa (2025 a 2027) es incierto.</p>

China		<p>China ha sido captor de inversión de la industria de semiconductores y posee una base de producción de la mayor escala global, sin embargo, aún no participa de los nodos de tecnología más avanzada y tampoco de manera significativa en las actividades de desarrollo y diseño.</p> <p>El mercado interno de China es motor para impulsar estrategias propias de expansión del sector. El modelo de ciclo dual que aplica el gobierno chino le permite una diferenciación de los sistemas productivos orientados al mercado interno con prácticas proteccionistas, tecnologías moderadas y empresas de capital nacional, mientras que también impulsa de manera diferenciada a empresas globales, inclusive de capital extranjero que destinan su producción a la exportación.</p> <p>Es de esperarse que la industria de semiconductores en China siga creciendo, dada la demanda y que las estrategias de construcción de capacidades surtan efectos favorables para dicha nación.</p> <p>En el 20vo. Congreso Nacional del Partido Comunista se proclamó el llamado nacional para “ganar la batalla” en tecnologías clave, de lo cual es claro que los semiconductores juegan un rol esencial en reducir la dependencia de China de tecnologías foráneas tanto para continuar impulsando su desarrollo económico como para lograr un liderazgo tecnológico mundial de sus fuerzas armadas.</p> <p>Bajo la agenda “Made in China 2025”, dicha nación ha emitido 3 rondas de recursos de apoyo para el impulso a la industria de semiconductores como parte del plan quinquenal número 14. Destacan entre sus características el impulso de empresas del estado, el fondo nacional de ciencia y la asignación de recursos por un monto del orden de USD 142.000 millones.</p> <p>Con ello se reconoce alrededor de 30 proyectos de nuevas fábricas y/o plantas de ATP entre 2020 y 2024.</p> <p>A pesar de los evidentes avances de China en alcanzar un desarrollo notable de su industria de semiconductores, persiste la dependencia en equipos de litografía EUV requeridos en el proceso de las tecnologías más sofisticadas que solo fabrica ASML.</p>
Taiwán		<p>La isla de Taiwán, en constante pugna con China por la unificación deseada por esta última, es una nación que tuvo un resurgimiento económico a partir de los años 60’s al apostar al sector exportador y desarrollar industrias propias con fuerte soporte de instituciones educativas para formar personal en áreas de ingeniería y ciencias, las más importantes de estas la electrónica y de semiconductores de las que resaltan empresas del más alto nivel a escala internacional.</p> <p>Para la industria de semiconductores, Taiwán representa el polo de fabricación de dispositivos de la más alta tecnología en la actualidad y la base de operaciones de TSMC y UMC. En gran medida Taiwán es un punto de tensión en torno a los semiconductores en la relación de China y los EE.UU..</p> <p>Taiwán enfoca su estrategia en esta coyuntura en consolidar su liderazgo tecnológico con la meta de llegar hacia el 2030 a la brecha de escala de 1nm o menos. El gobierno ha designado del orden de USD 16,000 millones para estimular el desarrollo tecnológico y premiar con créditos fiscales la colaboración industria - academia.</p> <p>Con ello se reconoce alrededor de 7 proyectos de nuevas fábricas y/o plantas de ATP entre 2020 y 2024.</p> <p>El gobierno de Taiwán mantiene una estrecha relación con la empresa TSMC, y esta con la economía nacional; ante la instalación de una planta de fabricación de TSMC en territorio de EE. UU., impulsada por fuertes incentivos, Taiwán obtiene un trato de aliado estratégico por parte de EE. UU. de manera indirecta.</p>

Corea		<p>Los grandes consorcios industriales que mueven la economía de esta nación en gran medida (Samsung y Hyundai primordialmente) son grandes jugadores de la industria de semiconductores, Samsung particularmente se ha colocada en la posición número uno en años pasados. Después de Taiwán, las capacidades actuales para la fabricación de semiconductores de las tecnologías más avanzadas se ubican en Corea del Sur.</p> <p>Corea del Sur no toma parte significativa en la guerra comercial entre China y los EE.UU., Samsung despliega una estrategia de expansión autónoma bajo la lógica de un corporativa multinacional que implica menores lazos a las políticas e intereses de los países de origen.</p> <p>La estrategia nacional apunta al otorgamiento de créditos fiscales en el orden acumulado de USD 55.000 millones, orientado a segmentos particulares de mercado para consolidar la posición de fabricante y programas educativos público - privados.</p> <p>Con ello se reconocen 3 proyectos de nuevas fábricas y/o plantas de ATP entre 2020 y 2024.</p>
Unión Europea		<p>A pesar del liderazgo en la fabricación de equipo de proceso para la producción de semiconductores, el cual se centra en la empresa ASML, la participación de Europa en la producción de semiconductores se ha ubicado por debajo del 10% del monto global. Bajo la estrategia Digital Compass 2030 que dispone de 3 ejes fundamentales, el primero orientado a fortalecer capacidades de diseño y procesos innovadores de fabricación, el segundo orientado a desarrollar métodos de fabricación para el nodo de 2nm o menos como medida para asegurar el abasto de componentes avanzados y el tercero en establecer acuerdos de prioridad de compra y compras en conjunto entre los estados miembros.</p> <p>El EU Chips Act que entró en vigor en septiembre de 2023 busca movilizar USD 47.000 millones en fondos públicos y privados de los estados miembros para el crecimiento de la industria, en su mayoría los proyectos a la fecha se han captado por países desarrollados, especialmente Francia y Alemania.</p>
Israel		<p>Israel ha desplegado en años recientes una estrategia integral para construir un ecosistema de innovación que dinamice su economía, reflejos de ello son la presencia de operaciones de empresas globales tales como Amazon, Google, Intel, Microsoft y Apple.</p> <p>Adicionalmente la dinámica del ecosistema se refleja en el alto número de emprendimientos de base tecnológica y de patentes solicitadas. Las bases en que este desarrollo se construyó incluyen la dotación de personas altamente calificadas, jóvenes y con una diáspora a escala global, el gasto y disponibilidad de recursos para la inversión y la calidad de vida para retener el talento.</p> <p>El escenario desarrollado en Israel fue un elemento importante para el establecimiento de la planta de manufactura de semiconductores más grande en el mundo de Intel, después de años de haber operado un centro de I+D en esta nación.</p> <p>La oferta de valor de Israel para las manufacturas avanzadas incluye posibilidades de atraer más empresas del rubro de los semiconductores, especialmente en el eslabón de diseño, del cual más de 30 empresas internacionales tienen operaciones en dicha nación Intel por ejemplo, emplea a más de 12.000 personas en Israel y Nvidia tiene en esta nación cerca del 15% de su talento global.</p>

<p>Emiratos Árabes Unidos</p>		<p>Los Emiratos Árabes Unidos (EAU) han buscado desde su fundación en 1971, el consolidarse como una economía globalmente competitiva y transitar de la generación de riqueza basada en el petróleo a la economía del conocimiento. Uno de los mecanismos para ello fue la creación de la Corporación de Desarrollo Mubadala en 2002, que opera al 100% con fondos de inversión gubernamentales y que para el año 2008 creó la Advanced Technology Investment Company (ATIC), desde la que ha incursionado en los sectores de alta tecnología, como es el caso de la industria de los semiconductores. ATIC y Mubadala invirtieron conjuntamente en 2008 en la empresa Advanced Micro Devices (AMD) para crear la división de manufactura que dio origen a la empresa Global <i>Foundries</i>. En el año 2012 ATIC compró la totalidad de acciones en propiedad de AMD y se convirtió en dueña de Global <i>Foundries</i>. Los roles de EAU en la industria de los semiconductores, además de como inversionista incluyen una fuerte actividad de formación de talento humano, actividades de I+D y fabricación de semiconductores. Se comenta recientemente sobre posibilidades de que Samsung y TSMC inviertan en capacidad productiva en EAU, así como de las reservas potenciales que los Estados Unidos han sostenido en que dicha nación pueda ser conducto para que China disponga de semiconductores para aplicaciones de inteligencia artificial, sin embargo las noticias más recientes indican un escenario favorable, la permisión de compra de productos desarrollados por Nvidia con fines de habilitar operaciones relacionadas con criptomonedas.</p>
<p>Malasia y Singapur</p>		<p>Malasia y Singapur son naciones emergentes para la industria de semiconductores, las limitadas capacidades de inversión nacional para dar soporte al desarrollo de la industria de semiconductores ha sido un factor determinante para que la industria no se desarrolle en estas naciones con la velocidad de otras naciones de la región. En el pasado las actividades de encapsulado y prueba se desarrollaron exitosamente en Malasia cuando se trataba especialmente de tareas desarrolladas de forma manual que en la actualidad se han automatizado. Malasia ha encontrado nichos y oportunidades en el encapsulado y prueba, así como en la fabricación de equipo de soporte a la industria. Singapur ha apuntado a invertir en el desarrollo de su industria de semiconductores, la trayectoria que se ha desarrollado en cierta medida ha sido exitosa, sin embargo, no se ha alcanzado los niveles de industria logrados en China y Corea del Sur, por lo que se encuentran en cierta medida estancados. Ambas naciones han captado recientemente proyectos de inversión en fabricación (Malasia por parte de Infineon, Singapur por parte de UMC) y de ATP (Malasia por parte de ASE e Intel, Singapur por parte de Silicon Box).</p>
<p>India</p>		<p>India funge el rol de concentración de capacidades para el diseño de semiconductores, prácticamente todas las grandes empresas tienen centros de diseño en esta nación, lo cual se atribuye a la amplia dotación de profesionistas altamente calificados que en el país genera. India no ha podido consolidar una industria de fabricación de semiconductores como otros países vecinos de la región, esto se atribuye tanto a la incapacidad del gobierno para proporcionar los incentivos económicos necesarios, como a la falta de infraestructura para suministrar grandes volúmenes de agua y electricidad de alta calidad. El gobierno de India anunció un programa de incentivos por USD 10.000 millones para buscar atraer inversiones en materia de fabricación y ensamble bajo su programa “India Semiconductor Mission” lanzado en 2021. La relación oficial entre EE.UU. y la India en torno al impulso a la industria de semiconductores se ha materializado mediante el “U.S.-India Initiative on Critical and Emerging Technology” que incluye acciones para este y otros sectores (adicionalmente telecomunicaciones, inteligencia artificial, energía y biotecnología) Se tiene conocimiento de que Micron avanza con una inversión del orden de USD 825 millones para el establecimiento de una planta de ATP.</p>

<p>Brasil</p>		<p>Brasil ha participado en la industria de los semiconductores desde la década de los 80's cuando más de 20 empresas multinacionales desarrollaban y fabricaban semiconductores en dicha nación.</p> <p>En la misma década, las políticas gubernamentales generaron un fuerte declive que llevó a la industria a una escala incipiente.</p> <p>Durante las décadas de los 90's y 2000's fue de nuevo un sector impulsado por políticas industriales para el desarrollo de la microelectrónica, acompañadas por incentivos fiscales importantes que hicieron al país atractivo a empresas multinacionales que invirtieron considerablemente en construir capacidades.</p> <p>En la misma década de los años 2000, Brasil se enfrenta a dificultades de financiamiento, disponibilidad de talento y experiencia para consolidar la industria de los semiconductores, asociada a su distancia de los nodos principales de desarrollo en el mundo y a la discontinuidad de las políticas gubernamentales.</p> <p>La difícil trayectoria de Brasil para construir una industria de semiconductores incluye el colapso de la alianza de una empresa brasileña de fundición con IBM, el cierre de la empresa CEITEC, financiada por el gobierno y de las operaciones de diseño de NXP en el país. En noviembre de 2023 se anuncia la reinversión y reactivación de la empresa CEITEC al sur de Brasil.</p> <p>En la actualidad la Asociación Brasileña de la Industria de los Semiconductores (ABISEMI) reporta la operación de 14 empresas de la industria de los semiconductores, 5 de ellas participando en alguna actividad de fabricación, primordialmente encapsulado y empaque. Y generando más de 2,500 empleos.</p> <p>La industria que subsiste en Brasil concentra en la actualidad primordialmente a empresas de empaque y prueba de semiconductores, fabricación de módulos de memoria y operaciones de diseño enfocadas primordialmente en el mercado interno, razón por la que Brasil no figura en los mercados internacionales.</p> <p>En enero de 2024 Brasil lanza su Nueva Política Industrial, dentro de la cual asigna del orden de USD 425 millones para el impulso a la industria de semiconductores bajo el programa PADIS (Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores) con un fuerte énfasis en productos que empleen tecnologías nacionales.</p>
---------------	---	---

<p>México</p>		<p>México tiene una participación relativamente marginal en la industria de semiconductores, sin embargo mantiene una relación importante con EE.UU. y una considerable presencia de empresas del sector electrónico (BID, 2022). Desde hace décadas, importantes empresas de la industria de semiconductores tienen operaciones en México, tales como Intel en actividades de diseño en la región occidente, Skyworks, Infineon y Qualcomm en la región norte, sin embargo, en el periodo desde 2020 que la reorganización internacional del sector se ha suscitado, no es clara aun la intención de los grandes jugadores de instalar operaciones ligadas a alguno de los tres procesos centrales (diseño, <i>wafer fab</i> y/o ATP).</p> <p>Diversos reportes elaborados por actores nacionales e internacionales presentan diagnósticos y propuestas para el desarrollo de la industria de semiconductores en México, mientras que por parte del gobierno se publicó en el Diario Oficial de la Federación con fecha de 5 de junio de 2024 el denominado “CONVENIO de Colaboración para impulsar el desarrollo de la industria de semiconductores”, que celebran la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Energía (SENER), la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), la Secretaría de Educación Pública (SEP), la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) y la Comisión Nacional del Agua (CNA) en el cual se establecen compromisos de coordinación de esfuerzos y la elaboración del “Programa de Trabajo para el Fomento de la Industria de Semiconductores” bajo la responsabilidad de la SE<sup>8</sup>.</p> <p>Posterior a ello, el gobierno federal ha apostado desde febrero de 2025 a la creación del Centro Nacional de Diseño de Semiconductores “Kutsari” con ubicaciones proyectadas en Puebla, Jalisco y Sonora, además de plantear la integración de capacidades de tres grandes instituciones de la educación superior e investigación científica y desarrollo tecnológico del país (el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) perteneciente al sistema de centros de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (antes CONACYT), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) con el soporte de la red del propio IPN, y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), sin lugar a dudas las instituciones con mayores capacidades técnicas en el país para incursionar en este sector.</p> <p>Colateralmente, se ha generado un planteamiento denominado “Plan Maestro para el Desarrollo de la Industria de Semiconductores en México 2024-2030”, el cual surgió del Comité de Trabajo para el Análisis de la Industria de Semiconductores, integrado por la Cámara Nacional de la Industria Electrónica de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (CANIETI) y el Foro de Colaboración para semiconductores México-Estados Unidos. Este documento propone 5 ejes de trabajo para impulsar a la industria en México, ha contado en su elaboración con la participación y respaldo de la Secretaría de Economía del gobierno federal y de gobiernos estatales, sin embargo, es de naturaleza no vinculante.</p> <p>El gobierno de México ha acordado con los Estados Unidos via los denominados Diálogos de alto nivel, la evaluación del ecosistema para los semiconductores en México via el Fondo ITIS, esto como base para determinar un curso de acción a futuro<sup>9</sup>, en marzo de 2024. Mexico se encuentra en el grupo de naciones a ser evaluadas por la OECD via el financiamiento de ITIS.</p> <p>En el periodo 2020 a 2024 no se registran nuevas inversiones mayores relacionadas a la industria de semiconductores en México (fabricación, diseño o ATP), con la salvedad de un anuncio por parte del Gobierno del Estado de Baja California de USD 30 millones para una operación relacionada a diseño y pruebas de Qualcomm, el anuncio de la empresa mexicana QSM Semiconductores que invertirá USD 10 millones para construir una planta de fabricación y la llegada de una inversión de ensamble de servidores por parte de Foxconn que contienen semiconductores desarrollados por NVIDIA.</p>
---------------	---	---

8. Véase [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5729560&fecha=05/06/2024&print=true](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5729560&fecha=05/06/2024&print=true)

9. Véase <https://2021-2025.state.gov/new-partnership-with-mexico-to-explore-semiconductor-supply-chain-opportunities/>

Panamá		<p>Panamá es una nación que no tiene antecedentes en la industria de la microelectrónica, por ende, no dispone de un ecosistema asociado o la formación de personal especializado, sin embargo, en julio de 2023 ante la visita del Secretario de Comercio de EE.UU. se estableció un esquema de colaboración para explorar las oportunidades de que la nación participara en la cadena global de los semiconductores.</p> <p>En abril de 2023 el entonces presidente Laurentino Cortizo lanza la estrategia de semiconductores para dicho país y crea la Comisión para la innovación en microelectrónica y semiconductores, generando a partir de ello nuevos programas académicos a nivel maestría y doctorado en colaboración con las universidades estadounidenses de Arizona State y Purdue.</p> <p>Panamá se encuentra en el grupo de naciones a ser evaluadas por la OECD via el financiamiento de ITIS.</p>
Costa Rica		<p>La empresa emblemática de semiconductores en Costa Rica es Intel, como ya se ha expuesto previamente en este reporte.</p> <p>Mediante la firma de un Decreto Ejecutivo en marzo de 2024, Costa Rica pone en marcha un plan para acelerar el desarrollo de la industria de semiconductores, buscando posicionarse como líder regional en los eslabones de fabricación e innovación, impulsando también que las industrias se establezcan en sus zonas de libre comercio al que denomina “Hoja de Ruta para el Fortalecimiento del Ecosistema de Semiconductores en Costa Rica” (Ministerio de Comercio Exterior, 2024).</p> <p>El plan trazado por el Gobierno de Costa Rica enfatiza cuatro ejes clave: 1) Desarrollo de talento (formación profesional acorde a requerimientos del sector), 2) Un nuevo esquema de incentivos, 3) Robustecer las acciones para la atracción de inversiones y 4) Mejorar la competitividad nacional via la mejora regulatoria.</p> <p>Con el apoyo de recursos del ITIS fund, Costa Rica es una de las naciones a ser evaluada por la OECD para determinar el grado de capacidad existente en áreas críticas tales como la infraestructura de soporte, capacidad energética y brecha de habilidades.</p> <p>Intel ha dado a conocer que invertirá USD 1.200 millones para mejorar su planta de ATP en Costa Rica.</p>
República Dominicana		<p>República Dominicana inició en 2024 con el desarrollo de su Estrategia Nacional de Semiconductores via el Decreto 324-24, abordando el tema con un énfasis en atracción de inversión extranjera con argumentos de ventaja competitiva y comparativa, tales como: la reducción de costos, la ubicación estratégica y la conectividad logística tanto por mar como por aire.</p> <p>Dadas las condiciones de partida, los años siguientes serán para esta nación orientados a la construcción de capacidades asociadas al sector.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

- **Organizaciones de estandarización, articuladoras y gremiales**

Se identifica un rol conservador en términos de la gestoría e influencia de las organizaciones sobre los fabricantes de semiconductores o el mercado.

**Tabla 12.**

Descripción de actores: organizaciones de estandarización, articuladoras y gremiales

REFERENCIA	LOGOTIPO O DESCRIPTOR	SINOPSIS
Asociaciones	<b>Asociaciones empresariales privadas</b>	<p>Las asociaciones gremiales de la industria de semiconductores funcionan como espacios de confluencia para fines de gestoría y representatividad, así como para disponer de mejor información especializada sobre el sector. El nivel de influencia de estas organizaciones sobre las empresas se considera limitado, siendo más posible que las organizaciones sostengan negociaciones y hagan cabildeo ante entidades gubernamentales. A continuación, se enlistan algunas de las organizaciones más relevantes en la materia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Semiconductor Industry Association (SIA)</a></li> <li>• <a href="#">India Electronics &amp; Semiconductor Association</a></li> <li>• <a href="#">Singapore Semiconductor Industry Association</a></li> <li>• <a href="#">European Semiconductor Industry Association</a></li> <li>• <a href="#">China Semiconductor Industry Association</a></li> <li>• <a href="#">Taiwan Semiconductor Industry Association</a></li> <li>• <a href="#">Semiconductor Equipment Association of Japan</a></li> <li>• <a href="#">Malaysia Semiconductor Industry Association</a></li> <li>• <a href="#">World Semiconductor Trade Statistics</a></li> <li>• <a href="#">World Semiconductor Council</a></li> </ul> <p>SIA, la primera organización que aparece en la lista tiene especial influencia en el gobierno de los EE.UU., publica la información más detallada y de actualidad sobre el sector, por lo que es un referente notable.</p>
Estandarización	<b>Organizaciones dedicadas a la estandarización</b>	<p>Destacan dos organizaciones internacionales para la estandarización:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>International Electrotechnical Commission (IEC):</b> Organismo multilateral para la generación y difusión de estándares relacionados a las industrias eléctrica y electrónica que cuenta con la participación de representantes de más de 170 países. Para fines de los semiconductores, se debe observar particularmente las normas de la serie IEC 62258 relacionados a la gestión de los procesos relacionados al sector.</li> <li>• <b>SEMI:</b> Asociación privada y global de la industria con más de 2.400 empresas afiliadas a las que brinda servicios de información, gestoría, exposiciones y eventos, además de la generación de estándares relacionados con la gestión por calidad de procesos, la seguridad y el control de insumos.</li> </ul> <p>El rol de estas organizaciones en lo que respecta a la normalización es de suma relevancia para garantizar el buen desempeño de la industria, la interoperabilidad y seguridad de los productos en el mercado.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en diversos referentes.

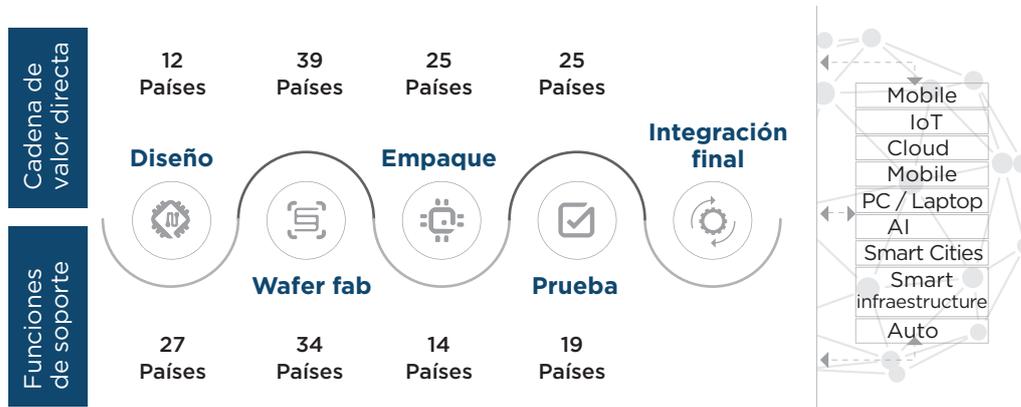
Los perfiles hasta el momento presentados, además de dar referencia sobre los actores y su involucramiento en la industria de semiconductores, servirán de base para la descripción de la gobernanza de cadenas de valor y ecosistema que se presenta en las páginas siguientes.

## 4.5

# COORDINACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS Y LOGÍSTICOS

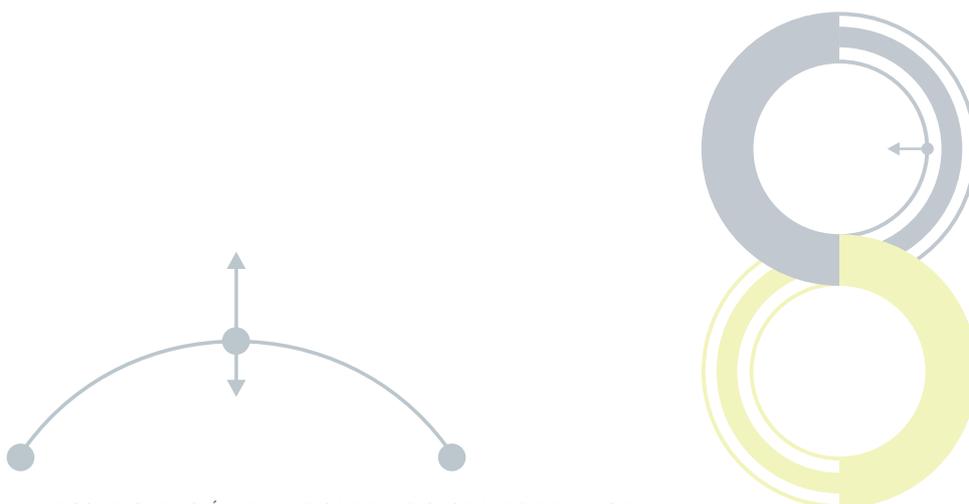
Al tratarse de productos con una alta densidad de valor por volumen y de que la industria se ha globalizado con el paso del tiempo para sacar ventaja de recursos y capacidades en cualquier latitud del planeta, se dice que un semiconductor y sus componentes pueden viajar hasta 25.000 millas y cruzar aproximadamente 70 fronteras antes de ser terminados (Accenture y GSA, 2020). Como lo ilustra la Figura 45, en las diversas etapas o eslabones de la cadena de valor intervienen múltiples países, derivado de la dispersión geográfica que la industria ha sufrido, lo que confirma que en la actualidad se trata de una industria globalizada en términos no solo de los mercados, como se ha expuesto en secciones previas, sino también de la producción.

**Figura 45.** Países que participan en la producción de semiconductores



Fuente: Accenture y GSA (2020).

Con un proceso tan disperso e intrincado, en algunos casos se requiere de 4 a 6 meses para completar y entregar una orden, esto exige la realización de pronósticos y proyecciones de la demanda, de manera tal que se pueda abastecer en tiempo y forma los requerimientos de empresas integradoras. La complejidad de coordinación logística se desahoga de manera profesional por las empresas, utilizando sistemas de Enterprise Resource Planning (ERP) convencionales; en términos de los medios de transporte, este sector se ve menos restringido a la optimización de costos, inclusive considerando de manera frecuente el transporte aéreo.

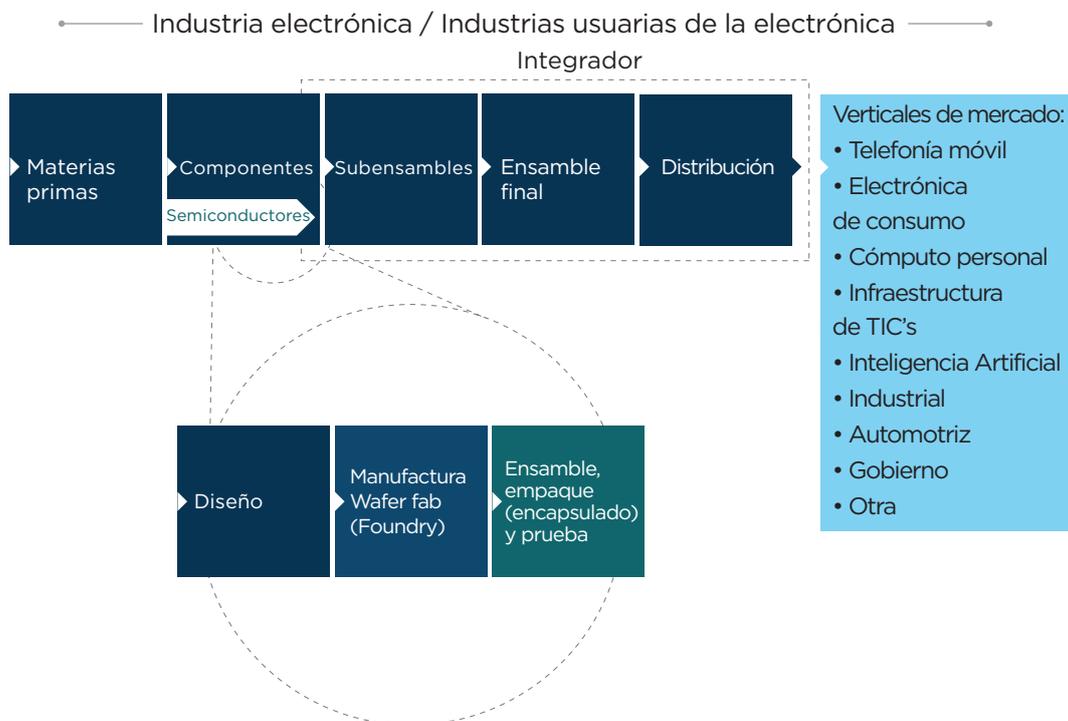


# 5. MODELOS DE GOBERNANZA, TENDENCIAS DE CAMBIO E INCERTIDUMBRES EN TORNO AL SECTOR

## 5.1 GOBERNANZA DE LA CADENA DE SUMINISTRO

A pesar de que se trata de una cadena de suministro dentro de otra u otras, la industria de semiconductores exhibe diversos modelos de gobernanza, lo que abona a la complejidad de interacción con dicho sector (véase Figura 46).

**Figura 46.** Semiconductores como sub-cadena de la industria electrónica

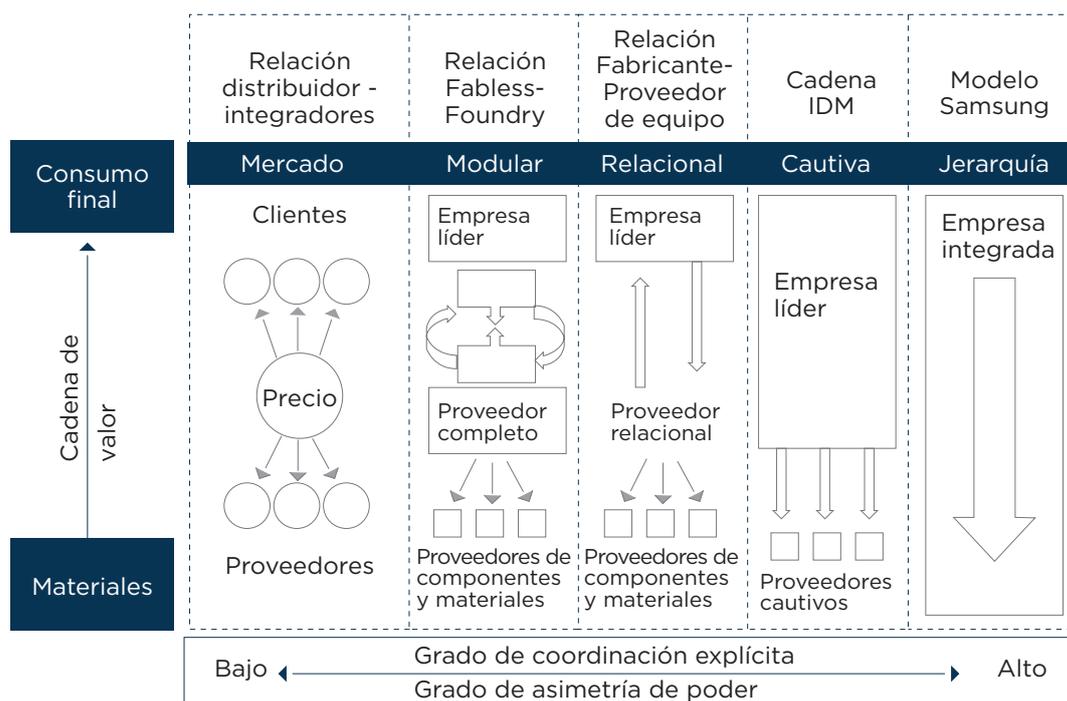


Fuente: Elaboración propia.

Considerando el modelo de Gereffi, Humphrey y Sturgeon (2005), representado en la Figura 47, se identifica que en el caso de grandes empresas integradas (IDM), la lógica de gobernanza corresponde a un modelo cautivo en el que la empresa dominante (Intel por ejemplo) mantiene una asimetría de poder respecto a los proveedores que integra y comparte poca información sustancial con dichas contrapartes. Un segundo modelo corresponde a las empresas que terciarían la manufactura (*Fabless* o *Fab-Lite*) y por ende trasladan el poder de decisión industria atrás a la empresa *Foundry*, al tratarse de empresas ambas con alto nivel de competencia técnica, la transferencia de información codificada es posible, esto corresponde a las relaciones de una gobernanza modular de la cadena de valor, se presenta en casos como el de Apple con TSMC.

La relación que se da entre las empresas que disponen del proceso de *Wafer fab* (sean *IDMs*, *Fab-Lite* o *Foundries*) con los proveedores de equipo clave, en particular con ASML resultan en una gobernanza relacional, dado que tanto la empresa desarrolladora de los nuevos equipos depende intensamente del conocimiento y desarrollo tecnológico del producto que hace su cliente para impulsar la innovación, como la empresa que realiza el proceso de *Wafer fab* requiere del avance y soporte del fabricante del equipo (EUV por ejemplo) para situarse a la vanguardia y ser altamente competitivo.

**Figura 47.** Coexistencia de modelos de gobernanza en la cadena de valor de semiconductores



Fuente: Elaboración con base en modelo Gereffi et al. (2005).

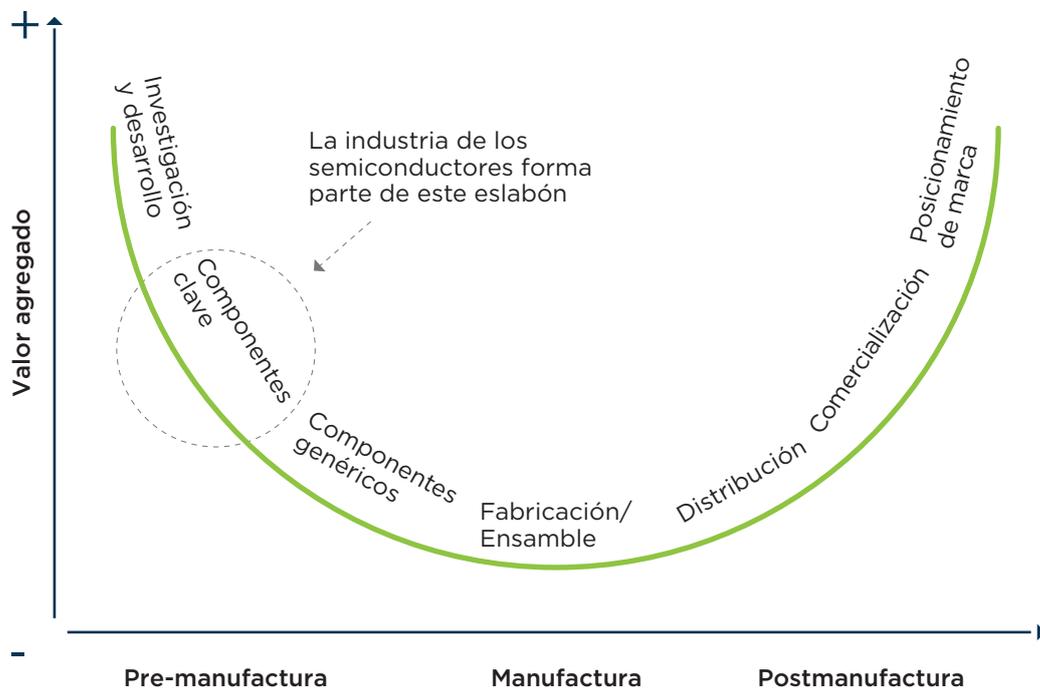
El modelo de gobernanza centrado en el mercado se presenta entre el eslabón de los distribuidores (que representan diversas marcas y soluciones) y los integradores o fabricantes de productos que contienen semiconductores al tomar decisiones en función de criterios de disponibilidad, fluctuaciones de mercado y en un gran número de casos de diversas posibilidades de fuentes de abastecimiento.

Finalmente, puede observarse un caso particular de cadena gobernada jerárquicamente por parte de la empresa Samsung, a la vez uno de los tres principales fabricantes de semiconductores y uno de los tres principales compradores de semiconductores. Con la salvedad relativa de lo que ocurre entre distribuidores e integradores, el resto de las relaciones en la cadena son de alta sofisticación.

Utilizando el esquema de la curva de valor de Stan Shih (1992), se puede ubicar de manera tradicional a la industria de semiconductores como uno de los eslabones de mayor valor agregado en la cadena de valor de los productos electrónicos, como se puede visualizar en la Figura 48.

**Figura 48.**

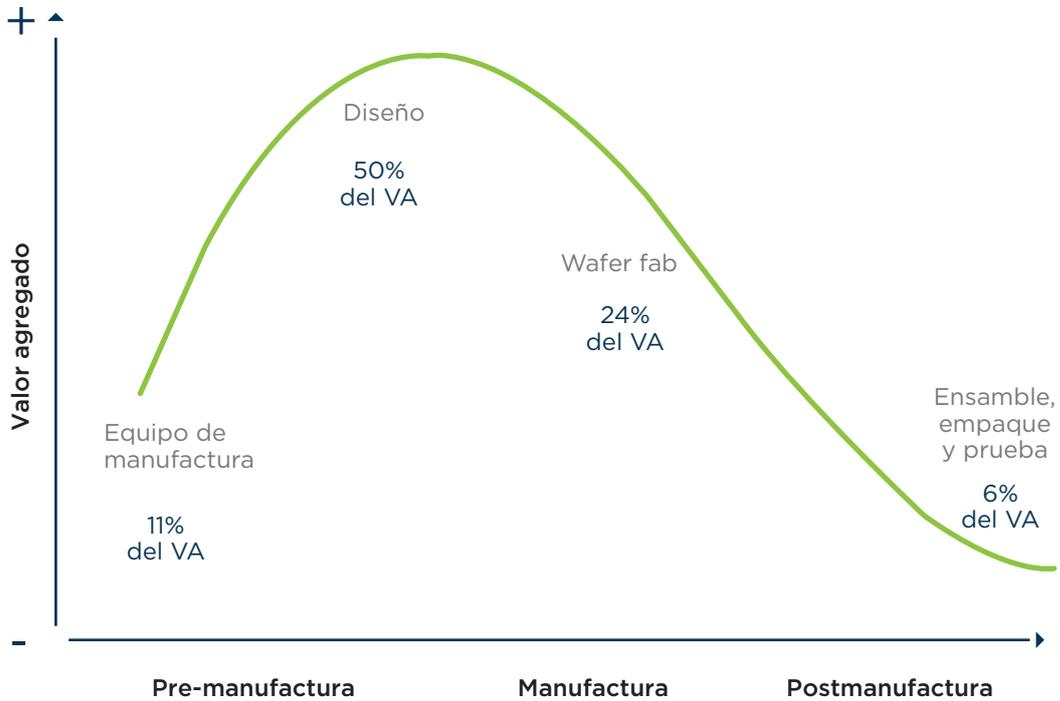
Curva de valor característica de la cadena de productos electrónicos



Fuente: Elaboración con base en modelo de Stan Shih (1992).

Si observamos la distribución de valor en la industria de los semiconductores y trazamos la respectiva curva, veremos un comportamiento anormal a esta visión estandarizada de las industrias. La forma resultante es propia de las industrias de la más alta tecnología, donde los bienes de capital son un eslabón de alto valor agregado; las industrias de alta tecnología consumen alta tecnología a su vez y la fabricación por ende es una actividad de alto valor agregado (véase Figura 49).

**Figura 49.**  
Curva de valor de la industria de semiconductores



Fuente: Elaboración propia con referentes de BCG y SIA.

La siguiente tabla (Tabla 13) presenta una selección de parámetros para facilitar la comprensión de la distribución del valor agregado en los eslabones de la cadena y en las naciones (BCG y SIA, 2021; Forbes, 2021).

**Tabla 13.**  
Distribución de valor agregado por eslabón en la cadena y región

PARÁMETRO	DISEÑO	EQUIPO	WAFER FAB	EMPAQUE Y PRUEBA	OTROS
<b>% Valor agregado</b>	50%	11%	24%	6%	9%
<b>Participación China</b>	Prácticamente no participa	Prácticamente no participa	Intención de incrementar participación	Participación moderada	Participación moderada
<b>Participación EE.UU.</b>	País dominante	Prácticamente no participa	Intención de incrementar participación	Participación moderada	Participación moderada
<b>Participación ALC</b>	Prácticamente no participa	No participa	No participa	Participación escasa	Prácticamente no participa
<b>Comentarios</b>	Se considera esencialmente una actividad de servicio	Dominado por empresas de Holanda y Japón	Dominado por Taiwán.	El segmento menos especializado	Disperso, fuerte presencia en Asia

Fuente: Elaboración propia con datos de BCG y SIA (2021) y Forbes (2021).  
Nota: Otros incluye proveeduría de materiales, servicios, logística y similares.

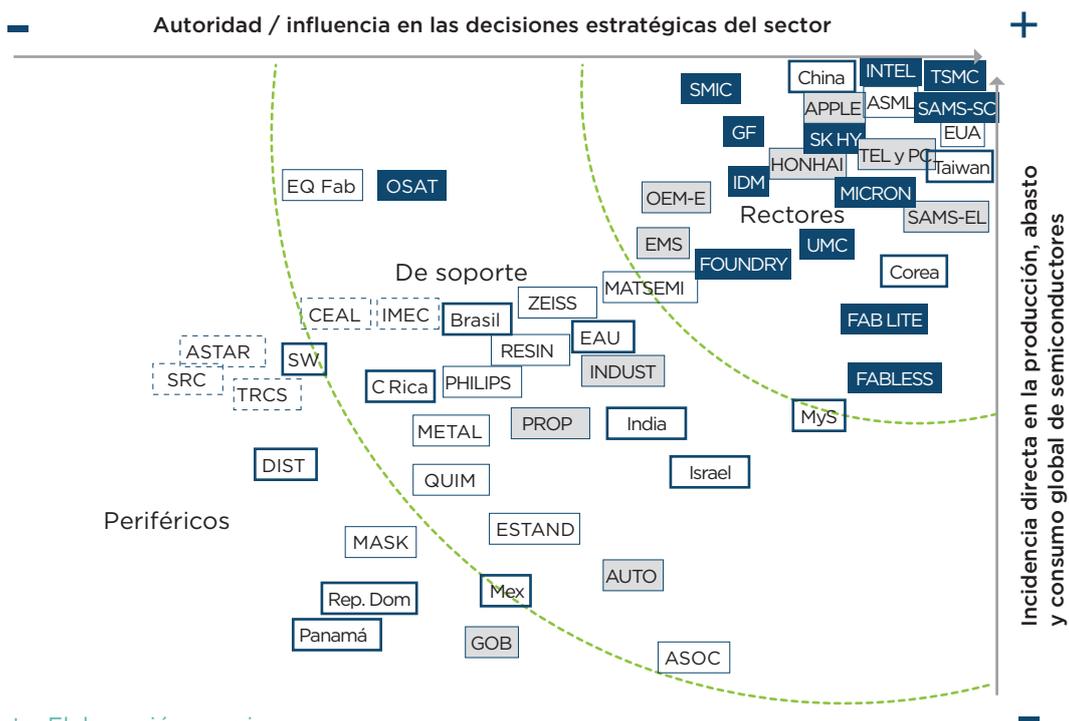
## 5.2

### GOBERNANZA DEL ECOSISTEMA GLOBAL DEL SECTOR

La autoridad e influencia en el sector se concentra en una combinación de pocos actores que conjuga a las principales empresas fabricantes, las principales empresas compradoras y los gobiernos de tres naciones, dos en pugna (EE.UU. y China), y una tercera (Taiwán), deseando conservar su posición de liderato en tecnología de manufactura y no verse involucrada en conflictos multilaterales. No hay actores de América latina en el espectro de la toma de decisiones trascendentes para este sector, pero si se identifican roles de soporte y periféricos de empresas e instituciones. A fin de representar esquemáticamente la influencia y autoridad de los actores, así como su intervención en el mercado, se muestra en la Figura 50 una aproximación de la situación ante la gobernanza de cada uno, destacando tres zonas características, la correspondiente a aquellos que rigen o gobiernan el ecosistema (rectores), la relativa a aquellos que desempeñan roles de alta importancia con moderada influencia en las decisiones de alto nivel (de soporte) y un último campo para las instancias que desempeñan un rol lejano al centro de la gobernanza (periféricos).

**Figura 50.**

Esquema de gobernanza del ecosistema de semiconductores



Fuente: Elaboración propia.

En términos del enfoque de este reporte, las decisiones estratégicas a tomar por parte de las industrias son las relativas a la reconfiguración de las cadenas globales.

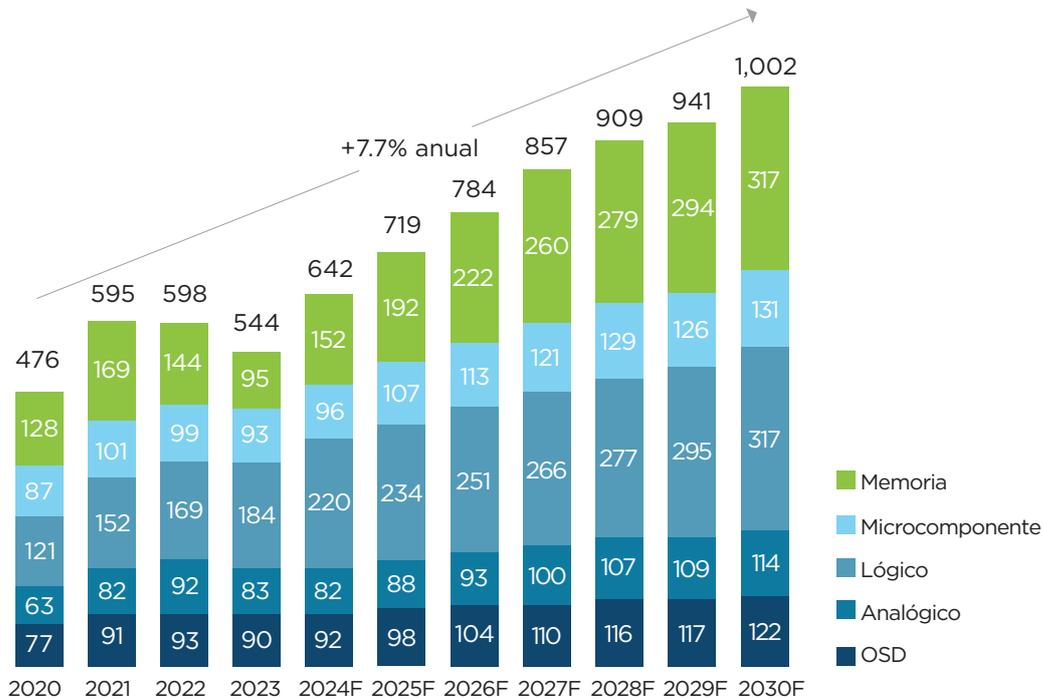
## 5.3 TENDENCIAS A FUTURO EN EL SECTOR

En esta sección se presenta un resumen que puntualiza diversos aspectos referidos en secciones previas de este entregable y el previo, de manera tal que se disponga de elementos para construir escenarios que permitan orientar estrategias de participación en el sector para América Latina. La información se presenta en 5 categorías, a fin de facilitar su comprensión.

### Incremento de la demanda vía la diversificación de aplicaciones

- Se observa una transición de la demanda de los segmentos de cómputo personal y telefonía que corresponden a consumo final, a una mezcla entre aplicaciones institucionales (centros de datos asociados a almacenamiento, inteligencia artificial, etc.) y el sector automotriz.
- El avance hacia el auto conectado y autónomo hará más relevante y atractivo el segmento automotriz para la industria de los semiconductores al multiplicar su demanda.
- Las tecnologías emergentes, al ser dependientes de la capacidad de procesamiento, seguirán abonando al crecimiento de la demanda (e.g. inteligencia artificial, realidad virtual y aumentada, criptomonedas, computo cuántico y *big data*).
- A pesar del escenario de incertidumbre económica actual, la proyección agregada para la siguiente década refleja que el tamaño de la industria prácticamente se pudiera duplicar (PWC, 2024) (véase Gráfico 8).

**Gráfico 8.** Proyección del crecimiento del mercado de semiconductores en el mundo



Fuente: State of the Semiconductor Industry. PWC, 2024.

## Incremento de la complejidad de los dispositivos semiconductores y los sistemas de manufactura

- El salto hacia escalas por debajo de los 4 nanómetros, como se representa en la Figura 51, implica nuevas posibilidades de desempeño y nuevos retos técnicos para la manufactura, en particular se cuestiona si la tecnología dominante por las últimas décadas (fotolitografía) podrá ser capaz de llegar a tales niveles de miniaturización, ante ello nuevas propuestas tecnológicas como el uso de nanotubos de carbón toman mayor relevancia y generar una disrupción en el segmento de fabricantes de equipo de proceso.

**Figura 51.**

Mapa de ruta tecnológico de tecnología de fotolitografía EUV de ASML



Fuente: ASML (2022)

En términos de los dispositivos, las categorías estándar de la industria tienden a mantenerse, sin embargo, prolifera la segmentación de niveles y tipos de componentes, lo que daría espacio a la creación de nichos de mercado de especialidad.

## Estabilización de los jugadores de la industria

- Por años ya se ha venido gestando un proceso de fusiones y adquisiciones que ha resultado en el fortalecimiento de algunos de los principales jugadores de la industria, estos jugadores dominantes aun podrían adquirir a algunas empresas de menor escala, o estas podrían desaparecer al no poder mantenerse competitivos ante las empresas grandes, sin embargo, en términos generales se considera que la consolidación tiene ya poco espacio para seguir ocurriendo, dado que no hay una dinámica significativa de creación de nuevas empresas en la industria, y las alternativas de empresas a ser adquiridas son cada vez menores. Dadas las altas barreras de entrada este proceso de concentración resultaría en condiciones oligopólicas para diversos segmentos como el de procesadores de alta gama y memoria.
- El factor determinante de un cambio en la estructura de la industria se podría dar de la fractura entre las cadenas de producción asociadas a los Estados Unidos versus aquellas enfocadas a las premisas de China.

### **Red de valor dispersa y con gran número de interconexiones**

- A pesar de las intenciones de ciertos países por lograr un reordenamiento productivo y geográfico, la naturaleza propia de la industria, la diversidad de insumos especializados requeridos y el acceso al talento para mantener el ritmo del desarrollo tecnológico tenderá a mantener a esta como una industria dependiente de múltiples vínculos entre sus actores y geográficamente dispersa, dada la complejidad y tiempo requerido para construir capacidades.
- Inclusive las grandes empresas seguirán buscando no rezagarse o quedar fuera de la posibilidad de participar de los avances tecnológicos y del aporte a la competitividad del sector, lo que tenderá a mantener vivos los múltiples roles que se manifiestan entre los actores, tales como el de cliente, proveedor, subcontratista, entre otros y que estos cambien en el tiempo. Esta tendencia se pudiera ver acotada por las posiciones de los gobiernos en pugna, sin embargo, la propia industria aboga por acuerdos que permitan a la industria seguir creciendo y prosperando.

### **Reordenamiento geográfico de la producción**

- Los países en pugna, China y EE.UU. avanzan en incrementar la base propia de manufactura en sus territorios, haciendo fuertes apuestas, concesiones y otorgando incentivos para lograrlo, esto obedece en primera instancia a la definición de quien ocupará el liderazgo global hacia el mediano y largo plazo, y sobre la manera en que la balanza comercial lo refleja. En la actualidad Taiwán mantiene la primera posición en términos de la capacidad de manufactura.
- En segundo término, para estas naciones se encuentra en juego el dominio tecnológico de la industria de los semiconductores, que conlleva el nivel de desarrollo de un gran número de las demás industrias nacionales. Alcanzar el dominio tecnológico se relaciona primordialmente a tres eslabones: maquinaria de fabricación de obleas (actualmente en manos de Holanda y Japón), talento para el diseño (actualmente en manos de los EE.UU.), la producción de los dispositivos más avanzados (actualmente en manos de Taiwán y Corea del Sur).
- Finalmente, y no menos importante es la relación que guardan los semiconductores con el sector defensa / seguridad nacional, siendo que las nuevas tecnologías militares se centran en buena medida en el aprovechamiento de sistemas de reconocimiento de patrones, inteligencia artificial, analítica de datos, unidades no tripuladas y robótica, entre otras tecnologías que requieren de los semiconductores.
- Detrás de estos argumentos se encontrarán otros de carácter más general como la reindustrialización, la generación de empleo y la inversión de bienes de capital y en rubros de I+D, y la independencia o al menos no dependencia tecnológica como el concepto central para observar.

## 5.4

# INCERTIDUMBRES Y RIESGOS QUE ENFRENTA LA INDUSTRIA DE LOS SEMICONDUCTORES

### **El debate sobre Taiwán**

Las fuertes tensiones entre EE.UU. y China en cuanto al tema de los semiconductores encuentran en la isla de Taiwán un punto álgido de disputa al ser el polo geográfico donde se concentran en la actualidad las tecnologías más avanzadas del mundo para la fabricación de estos componentes. Para China la incorporación del territorio de Taiwán es un asunto pendiente con carácter histórico, mientras que los EE.UU. mantiene declaraciones de defensa a la soberanía y autonomía de Taiwán, estando detrás el tema del acceso a las capacidades tecnológicas residentes.

A pesar de considerables esfuerzos en las dos últimas décadas, a China no le ha sido posible desarrollar capacidades endógenas de primer nivel para la fabricación de semiconductores. Al tratarse de una industria tan tecnificada, no existe ninguna garantía de que los grupos de ingeniería chinos pudieran hacerse cargo de las operaciones en Taiwán, eso sería muy difícil de acuerdo con expertos.

### **Eventos de alto impacto a la industria**

- La posibilidad de que las principales economías del mundo caigan en procesos de recesión tendría un efecto negativo en la demanda.
- Desastres naturales (terremotos, incendios, tsunamis, olas de calor, inundaciones e inclusive pandemias) que pudieran afectar regiones de alta relevancia para las cadenas de suministro generando interrupciones.
- Otras tensiones geopolíticas, incluyendo la disputa de Rusia con Ucrania, la guerra en medio oriente y la aplicación de aranceles recíprocos entre los Estados Unidos y diversas naciones imprimen incertidumbre a los inversionistas.



## 6. POSICIONAMIENTO COMPETITIVO, PRINCIPALES OPORTUNIDADES Y AMENAZAS PARA LA INSERCIÓN DE ALC EN LA CADENA DE VALOR



### 6.1 LA RECONFIGURACIÓN DE LA CADENA DE VALOR Y POTENCIALES IMPACTOS PARA ALC

Particularizando en el entendimiento de lo que la reconfiguración de las cadenas globales significa para este sector, podemos concluir que lo que se encuentra en juego es esencialmente la nueva capacidad a ser desarrollada y especialmente en el espectro de las tecnologías más avanzadas. Para sustentar este argumento tomaremos como base las siguientes afirmaciones:

- La industria seguirá creciendo por razones de mercado para diversas aplicaciones.
- Por cuestiones técnicas, es inviable la relocalización de plantas de fabricación.
- Derivado de la especialización de los eslabones de la cadena, en el mediano e inclusive en el largo plazo la industria se mantendrá globalizada.
- La carrera por incrementar la participación en la capacidad de fabricación ocurre primordialmente entre China y los EE.UU., seguida por Europa.
- Las barreras de entrada (tecnológicas, de conocimiento, de propiedad intelectual y financieras) hacen que esa reconfiguración suceda esencialmente entre las empresas dominantes del sector.
- La captura de nuevos proyectos de inversión de gran escala por los países o regiones resulta de una combinación entre: (i) la oferta de valor de un destino con un buen ecosistema de soporte, (ii) incentivos y subsidios a la inversión y (iii) las gestiones gubernamentales con las empresas en torno a ello, inclusive desde una perspectiva política.
- Los eslabones de diseño, suministro de insumos, equipamiento no presentan claras condiciones de disrupción en su contexto para una reconfiguración. El eslabón de empaque y prueba requerirá crecer a la par de la fabricación de obleas, y ha cobrado mayor interés para China y los EE.UU..

- La reconfiguración y expansión de capacidades centrada en los fabricantes de obleas inició en el año 2020 y tendrá un periodo de alta dinámica en la decisión de nuevos establecimientos que se encuentra cercano a concluir para después regularizarse a nuevas tasas normales de crecimiento.
- No es claro que China o EE.UU. puedan resultar ganadores absolutos de la disputa por la industria, inclusive para los intereses de las empresas una salida conciliada que mantiene cierto grado de autosuficiencia productiva por hemisferio, pero un alto nivel de globalidad puede resultar en ser la mejor solución para dispersar riesgos y tener mejores retornos sobre la inversión.

La siguiente tabla expresa de manera sintetizada las estrategias desplegadas por los principales países para impulsar la atracción de nuevas inversiones en materia de semiconductores en el periodo de 2020 a la fecha (Tabla 15).

**Tabla 15.**

Acciones y efectos de las estrategias de reordenamiento de la cadena global de valor de semiconductores 2020 - 2025 (principales naciones)

PAÍS / REGIÓN	NOMBRE DEL PLAN O PROGRAMA MACRO	COMPONENTES DE INCENTIVO	APORTE NACIONAL EN SUBSIDIOS	OTRAS INVERSIONES PÚBLICAS	RESULTADOS EN MATERIA DE INVERSIÓN DE LAS EMPRESAS DE SEMICONDUCTORES
<b>EE.UU.</b>	CHIPS and Science Act	Subsidios y fondos	USD 39.000 millones	25% de crédito fiscal a la inversión, complementos de inversión por los estados  USD 25.000 millones en financiamiento adicional a empresas	90 proyectos significativos en 28 estados (26 proyectos en materia de fabricación y/o empaque y prueba), más de USD 450.000 millones de inversión privada, más de 58.000 empleos directos Como efecto colateral, un incremento exponencial en la construcción de alta especialidad.
<b>China</b>	Plan quinquenal 14, Plan nacional de IC	Fondos de inversión directa	USD 142.000 millones en fondos de capital	Complemento de fondos locales, esquemas de empresas propiedad del estado, zonas libres, fondo nacional de ciencia, créditos fiscales (potencialmente USD 50.000 adicionales)	Más de 30 nuevos proyectos de plantas relacionadas a fabricación, empaque y prueba, avance en la autosuficiencia tecnológica. Se estima una inversión en capacidades de fabricación del orden de USD 600.000 millones que exhibe una tendencia creciente hacia los años más recientes.

<b>Taiwán</b>	Programa Moonshot, Iniciativa de Semiconductor Angstrom	Incentivos fiscales	USD 16.000 millones	Subsidios bajo el Programa de Innovación en Chips, Créditos fiscales a la cooperación industria-academia, reducción del 25% de impuestos a actividades de I+D y de 5% a la compra de maquinaria nueva	7 proyectos de inversión en fabricación y/o ensamble y empaque, especialmente orientados a el nodo de más alta especialización, logro de avances para mantener la posición de liderazgo tecnológico.
<b>Corea del sur</b>	Estrategia de semiconductores K-Belt	Incentivos fiscales (crédito fiscal)	USD 50.000 millones	Programas de educación público - privados	3 proyectos de inversión en fabricación y/o ensamble y empaque para asegurar posición que ocupa en segmento de lógica.
<b>Japón</b>	Estrategia para Semiconductores e industria digital	Fondos	USD 17.500 millones	Fondo fiscal nacional, centro de excelencia en tecnología de semiconductores	4 proyectos de inversión en fabricación y/o ensamble y empaque para incrementar los ingresos nacionales derivados de esta industria.
<b>Singapur</b>	Fondo Nacional para la Productividad (NPF)	Fondos	USD 2.330 millones	Habilitación de infraestructura, desarrollo de talento, inversión en I+D, consolidación del ecosistema, USD 780 millones adicionales para infraestructura de investigación	Se han confirmado dos proyectos de inversión de nuevas plantas relacionadas a ensamble, empaque y prueba y se mantiene conversaciones con TSMC para evaluar una planta de fabricación.
<b>Unión Europea</b>	Compas digital 2030 - EU Chips Act	Fondos	USD 47.000 millones	Subsidios y prestamos, créditos fiscales, aportes directos de los estados	8 proyectos de inversión en fabricación y/o ensamble y empaque para aumentar la participación en esta industria.
<b>India</b>	India Semiconductor Mission	Fondos	USD 10.000 millones	Aporte hasta el 50% del valor del proyecto, colaboración internacional, primordialmente con EE.UU.	Intenciones de la empresa Micron de invertir USD 825 millones en el establecimiento de una planta de empaque y ensamble. Reforzamiento de su posición en el eslabón de diseño.

<b>México</b>	Plan México – proyecto de semiconductores	Creación de centro de diseño	No definido	Por definirse, iniciativas de colaboración con EE.UU.	Inversiones complementarias de menor escala relativa por parte de empresas con presencia previa en México (Intel, Skyworks, Infineon, Qualcomm)
<b>Brasil</b>	PADIS (Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores)	Fondos	USD 825 millones	Énfasis en integración de tecnologías nacionales	Ninguna nueva inversión de escala internacional
<b>Panamá</b>	Estrategia de semiconductores	Creación de la Comisión para la innovación en microelectrónica y semiconductores	No definido	Por definirse, iniciativas de colaboración con EE.UU.	Ninguna nueva inversión de escala internacional
<b>Costa Rica</b>	Decreto Ejecutivo, Hoja de ruta para el fortalecimiento del ecosistema de semiconductores	Estrategia	No definido	Desarrollo de talento, esquema de incentivos, acciones de atracción de inversión, mejora regulatoria	Inversión de Intel por USD 1.200 millones y expectativa de generación de 3.300 empleos directos, de lo cual Intel indica que no significa una ampliación de operaciones, sino la habilitación de nuevas tecnologías.
<b>República Dominicana</b>	Estrategia Nacional de Semiconductores	Estrategia	No definido	Atracción de IED via ventajas competitivas y comparativas	Ninguna nueva inversión de escala internacional

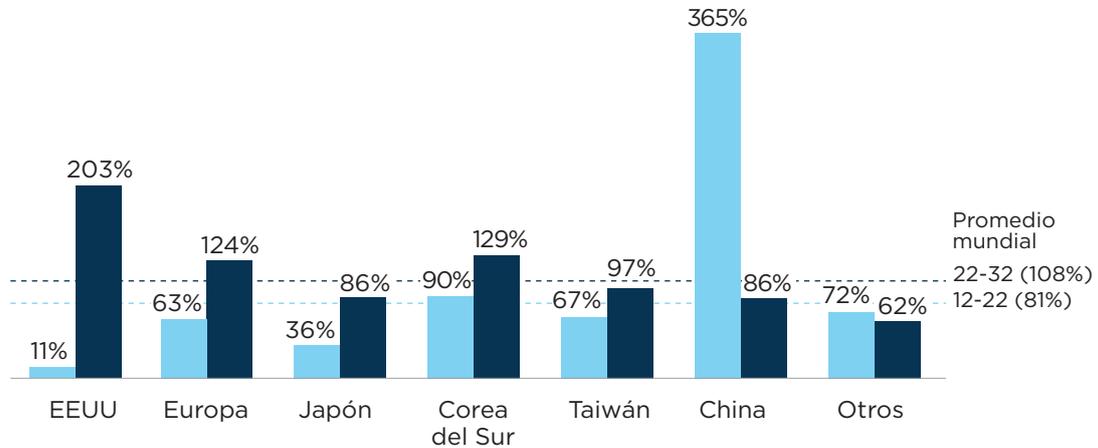
Fuente: Elaboración propia con datos de BCG y SIA (2024) y otras fuentes

Esto ilustra la relevancia de las estrategias respaldadas por recursos, trayectoria y política gubernamental para participar de forma significativa en el reordenamiento de la cadena de valor a escala internacional que ya se refleja en las estadísticas. Al menos para EE.UU., China, Taiwán y Corea del Sur la estrategia de fuertes políticas gubernamentales y fuertes inversiones está arrojando resultados en movilizar a sus territorios fuertes sumas de dinero y nuevos proyectos en los eslabones críticos; para la Unión Europea, Taiwán, Japón y Singapur, una estrategia de mantener sus respectivas posiciones y/o ganar terreno moderadamente también está funcionando dadas sus estrategias de impulso e incentivo; para el resto de las naciones que se incluyen, justo considerando apuestas con menor impulso financiero, los resultados están aún por verse.

Es importante notar que estos 5 años más recientes han sido suficientes para probar lo que resulta efectivo en este proceso de relocalización de la cadena impulsado por los gobiernos de las naciones, distinguiendo entre aquellas que quieren proteger intereses de alto nivel y por ende realizan apuestas de gran escala, versus aquellas otras naciones que ven en ello una oportunidad de captar inversión y participar de una industria especializada, sin una asociación directa del tema a su seguridad nacional.

**Figura 52.**

Incremento de capacidad de fabricación de obleas por localización



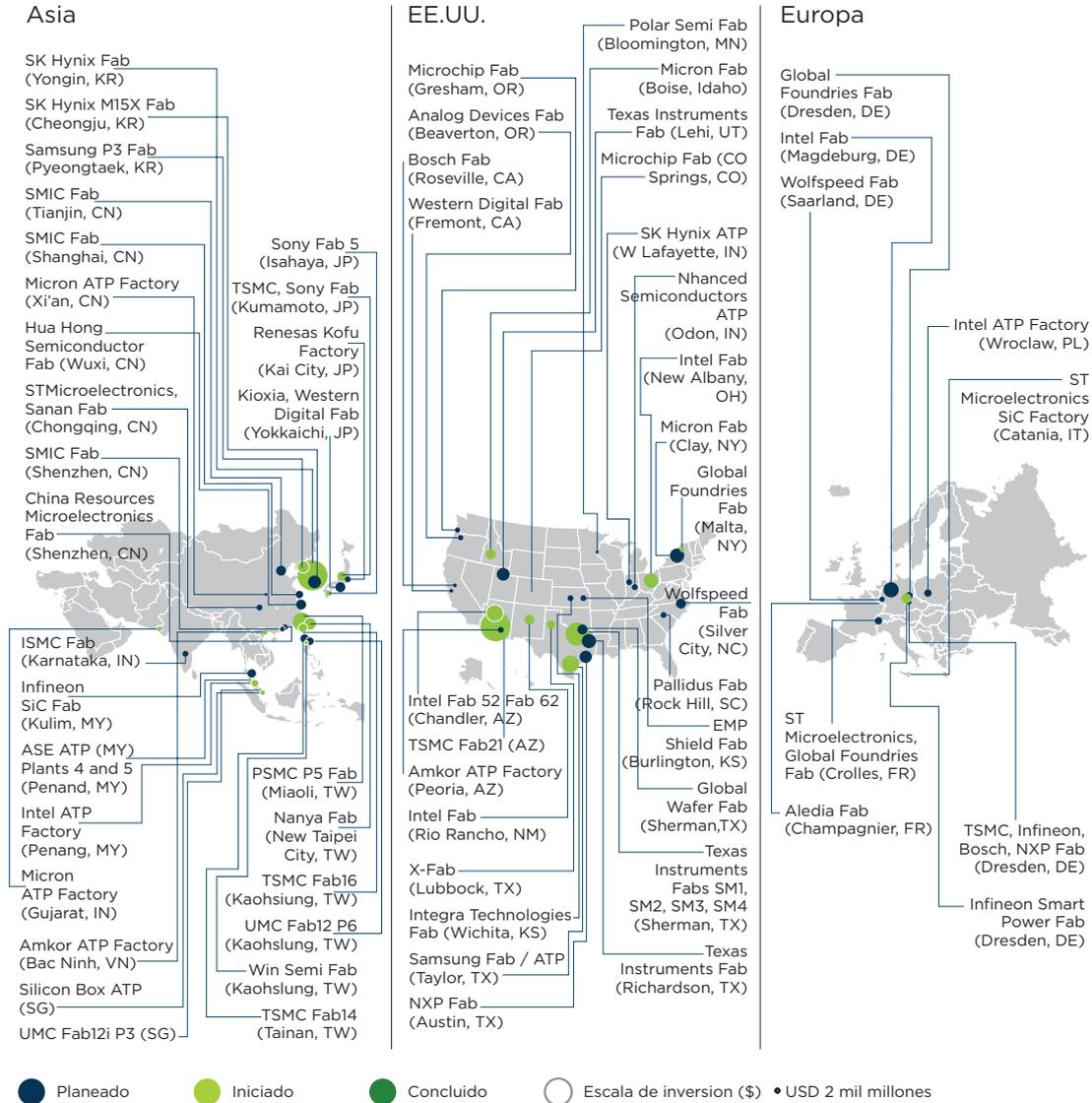
\*% de cambio en capacidad de producción de obleas por mes, 2012 a 2022 versus 2022 a 2032

Fuente: SEMI, Análisis de BCG.

El gráfico expresa lo que pudiera interpretarse como más que una duplicación de la capacidad global de manufactura disponible (Figura 52), escala que pudiera resultar en algunos segmentos excesiva para atender los requerimientos del mercado global y refleja el espacio coyuntural generado en la industria por los intereses de las naciones en pugna. Los siguientes gráficos muestran la localización de las nuevas plantas, centrados en los países con las estrategias más agresivas (Figura 53).

**Figura 53.**

Anuncios mayores de inversión en nuevas plantas de fabricación, ensamble y empaque en el mundo desde 2020

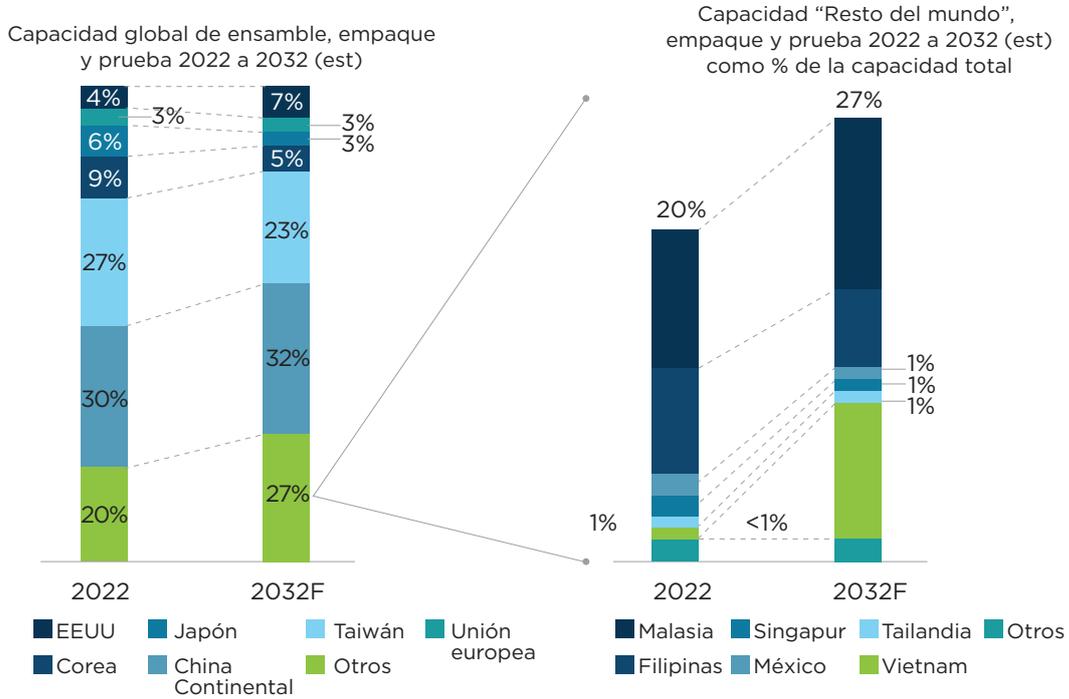


Fuente: SEMI, Análisis de BCG.

Particularmente en el segmento de empaque y prueba donde la región de ALC tiene una participación, la expectativa de los expertos es que aun con la llegada de inversiones adicionales el porcentaje de participación no tenga un cambio significativo (Figura 54).

**Figura 54.**

Distribución de capacidad de ensamble y empaque por región



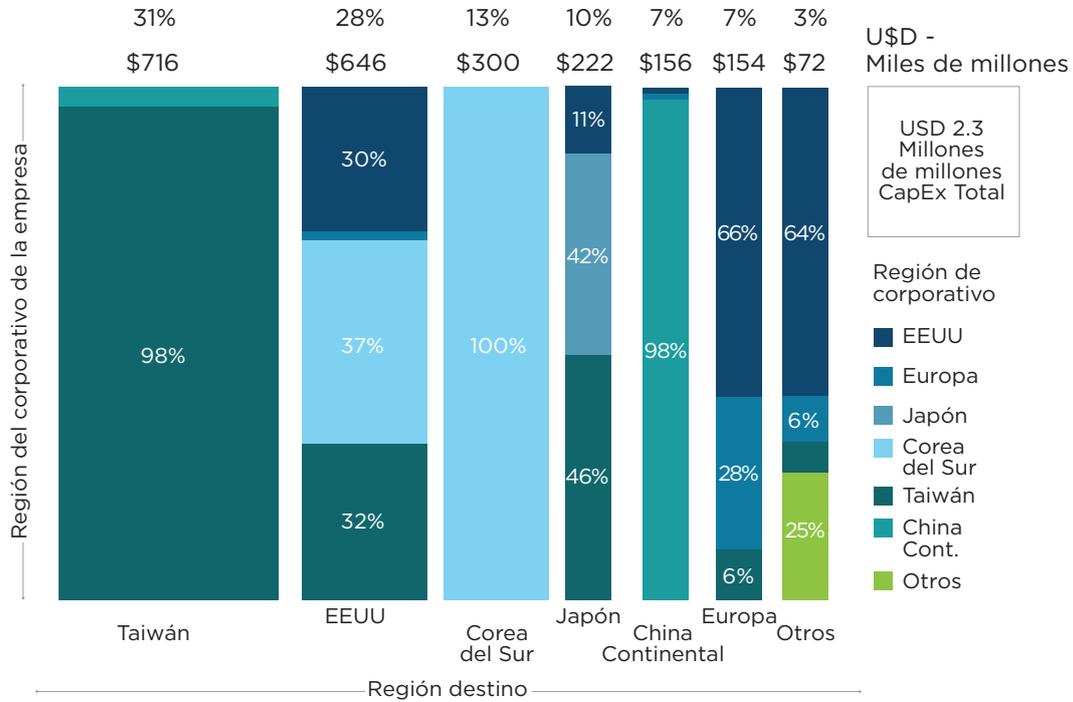
Fuente: Departamento de estado de EE.UU., la Casa Blanca, SEMI, IHS, análisis por BCG.

Finalmente, resulta interesante revisar la expectativa de flujos de capital entre naciones (origen - destino), considerando que en la mayoría de los casos asiáticos (Taiwán, Corea del Sur, China) la inversión proviene del propio país, mientras que EE.UU. busca captar una mezcla de recursos asiáticos e internos, a la vez que también invierte en capacidades en Europa y otras naciones.

Los países asiáticos, incluida China representan más del 60% de la inversión a ser captada que sumaría en conjunto para el periodo 2024 a 2032 USD 2.3 millones de millones, básicamente el cambio respecto a la composición actual ocurriría en los segmentos que corresponden a EE.UU., China y Europa, como es de esperarse (Figura 55).

**Figura 55.**

Flujos futuros de capital de región de origen del corporativo a región destino (2024 a estimado 2034)

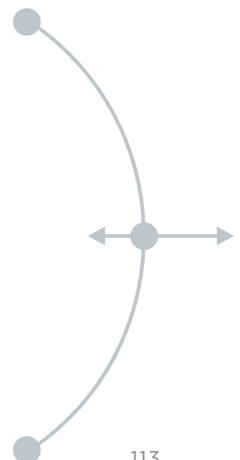
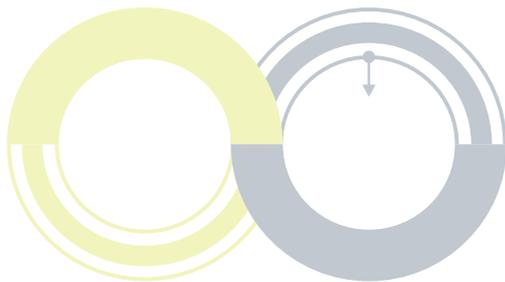


\*Otros incluye a Israel, Malasia, Singapur, India y el resto del mundo.

Fuente: SEMI, análisis por BCG.

La caracterización de las estrategias recientes de las naciones para mejorar su posición en la cadena de valor permite observar un énfasis en los segmentos (nodos) de tecnología más avanzada, la fuerte recurrencia a figuras de incentivo asociadas a inversión de grandes cantidades de dinero y el apalancamiento en corporativos del mismo país para ser los aportantes de la inversión. El caso de EE.UU. incorpora mayor énfasis que otros casos en el desarrollo de infraestructura, el talento y el ecosistema, esto ocurre porque a comparación de naciones como Taiwán presenta brechas por atender en dichos rubros (Figura 56).

En términos de vertical de mercado de aplicación, la tendencia marca una conjugación entre los sectores apuesta (que se estima generarán más demanda en años por venir), con aquellos en que cada nación ya tiene una industria considerable.



**Figura 56.**

Caracterización de las estrategias de naciones en elevada competencia en la cadena global de valor de semiconductores



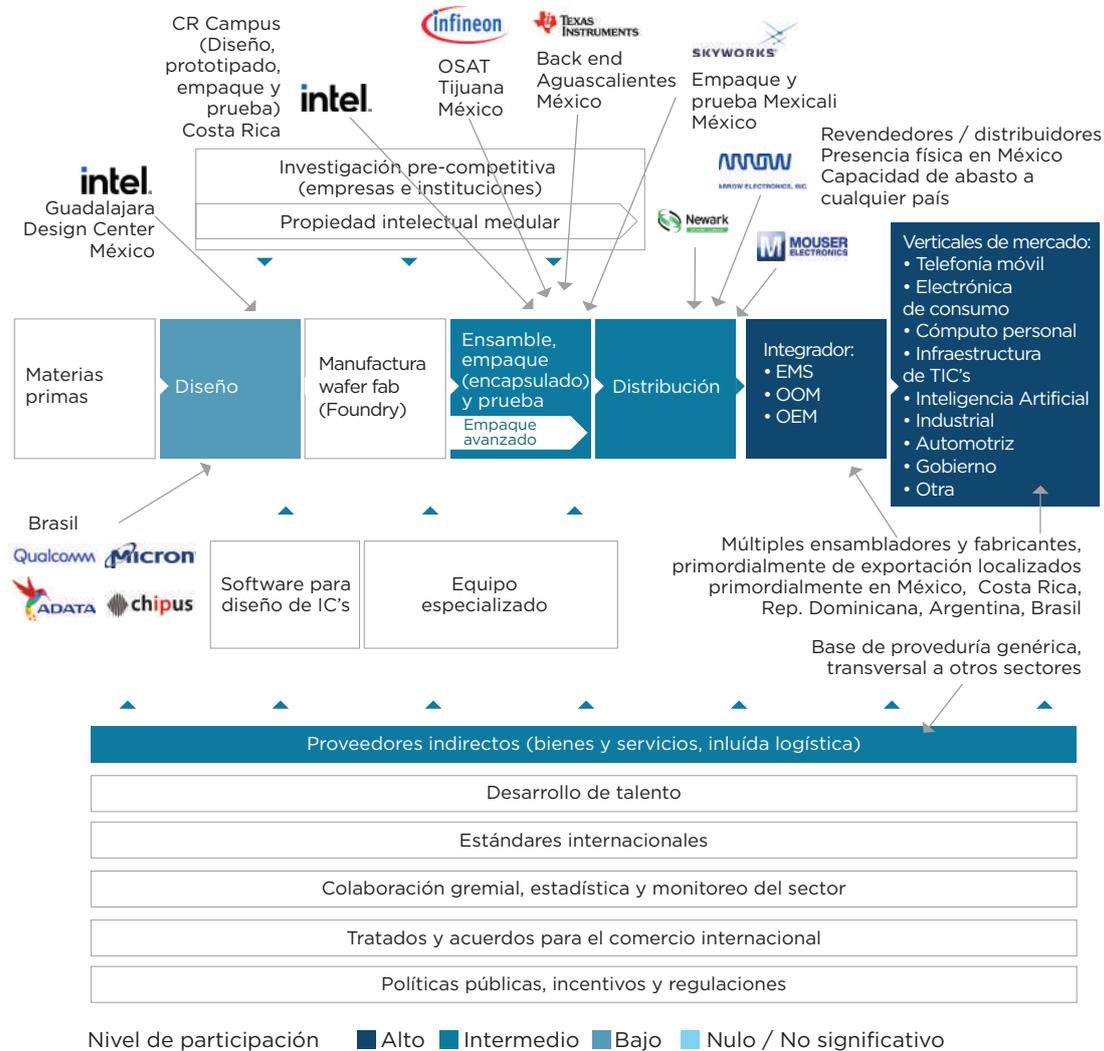
Fuente: Elaboración propia.

Debe entenderse que, por ejemplo, Taiwán y Corea del Sur no enfatizan el desarrollo de sus ecosistemas como parte de su estrategia, justo porque ya es un elemento del que disponen, caso similar ocurre con algunos otros elementos como infraestructura y en algunos casos desarrollo de talento.

En consecuencia, de lo anterior, en términos generales para ALC, los impactos no pueden ser adversos, se mantiene actualmente una escasa participación en la cadena, como se muestra en la Figura 57 y se estima que las capacidades para incursionar en los eslabones medulares son posibles de desarrollar (particularmente en diseño, así como en empaque y prueba, aunque difícilmente en fabricación, salvo que se trate de nichos de oportunidad de nivel tecnológico estándar a volúmenes bajos de producción), sin embargo, requieren de esfuerzos considerables.

**Figura 57.**

Participación de países de ALC en la cadena de valor de la industria de los semiconductores



Fuente: Elaboración propia.

Como se ha expresado en secciones anteriores de este reporte, los casos de participación en la cadena de valor central se limitan prácticamente a México, Costa Rica y Brasil<sup>10</sup>. El posicionamiento competitivo de la región de ALC ante la industria global de los semiconductores es relativamente limitado y no se encuentra en el tablero central de la decisión de nuevas inversiones de los grandes jugadores de fabricación.

La experiencia de Intel en Costa Rica, por ejemplo, refiere al establecimiento de un campus con altas expectativas de un desarrollo cuya inversión se anunció en 1996

10. No se incluye en el gráfico el caso de Kyocera en México, dado que dicha planta dejó de realizar los procesos de encapsulado de manera local, tampoco se incluyen como referencia los casos de APTIV y Continental en México, dado que su participación en los procesos de diseño y desarrollo de semiconductores es complementaria a lo que se desarrolla en el extranjero por filiales de sus mismos grupos.

para iniciar sus actividades en 1998 con cerca de 2.000 empleos tras las gestiones del entonces presidente José María Figueres y su gabinete. El aterrizaje de este proyecto de inversión fue transformador para la economía de Costa Rica y atrajo a la nación la atención de otras empresas multinacionales.

La experiencia para Intel, aunque buena, no fue del todo satisfactoria en términos del cumplimiento de expectativas de formación de talento e incentivos, tales como los asociados al costo de energía eléctrica y la infraestructura logística para la importación y exportación de componentes, por lo que hacia el año 2014 el CEO en turno de Intel anunció el cierre de las plantas 1 y 2 en Costa Rica para trasladar operaciones a Asia.

Al parecer motivados por la inversión ya realizada en infraestructura y talento, así como por el incremento global en la demanda de semiconductores, hacia el año 2020 Intel decide reanudar operaciones en Costa Rica. Sin embargo, la expectativa de que esta planta tenga un alto crecimiento en su capacidad se encuentra supeditada a que el gobierno nacional pueda plantear en firme y rápidamente compromisos de incentivos comparables a los ofertados en otros países y que se pueda disponer del recurso humano calificado.

Por su parte la planta de ensamble y prueba de Skyworks solutions en Mexicali, Baja California, México data de 1969, año en que se instaló para la producción de bienes electrónicos de consumo, hasta que en 1996 tras la adquisición por Rockwell Semiconductor Systems incursionó en la cadena de valor de semiconductores, y tras dos cambios adicionales de propietarios, hoy siendo parte del corporativo de Skyworks, participa en actividades de empaque y prueba de semiconductores, especialmente dirigidos al segmento de telefonía móvil y de otros dispositivos. El crecimiento de la planta con el paso del tiempo ha sido relativamente continuo, acorde a la demanda de mercado. La gerencia estima que la experiencia de manufactura electrónica en la región, así como la cercanía con California EE.UU., donde se sitúan las oficinas corporativas de diseño e ingeniería fueron factores fundamentales en la decisión de esta localidad.

El grupo gerencial de Skyworks en Baja California ha impulsado procesos de innovación y mejora continua que los ha hecho merecedores del premio nacional y estatal a la calidad, así como del premio nacional de tecnología e innovación. Ante las dinámicas de reordenamiento de la industria de semiconductores, esta planta de Skyworks no ha externado proyecto alguno de incremento en capacidad instalada.

El centro de diseño de Intel en Guadalajara, México inició operaciones en el año 2000 con tan solo 33 colaboradores, creciendo hacia el año 2014 con la inversión en infraestructura propia de oficinas y laboratorios para ocupar hoy a más de 1.500 colaboradores, 45% de los cuales tienen grado de maestría. En sus instalaciones dispone de laboratorios de investigación para el desarrollo de nuevos productos y laboratorios de validación que permiten confirmar que los diseños generados cumplan con las funciones adecuadas.

La decisión de Intel por instalar este centro de diseño en Guadalajara, la segunda ciudad más grande de México se fundamenta en el fuerte ecosistema de instituciones de educación superior y por la visión gubernamental local de apostar por sectores de alta tecnología, respaldada con inversiones y políticas públicas de fomento. Hacia la década del año 2000, la zona metropolitana de Guadalajara se autodenominaba el Silicon Valley Mexicano, ante la presencia de Intel y otras multinacionales del sector electrónico como Hewlett Packard, IBM, Siemens VDO y Motorola (operación que fue adquirida por Freescale Semiconductor en 2004 y posteriormente por NXP en 2015).

En el caso de Brasil, la industria ha sufrido una serie de altibajos ante la relativa inconsistencia de las políticas nacionales de impulso a la industria, las limitaciones para consolidar capacidades nacionales e inclusive la desconexión relativa con las cadenas globales centradas en Asia, Europa y América del Norte.

De acuerdo con la Asociación Brasileña de la Industria de Semiconductores (ABISEMI), empresas tales como Micron, Smart modular Technologies, Brasil Componentes, ADATA, Chipus y Qualcomm mantienen actividades en dicho país, en gran medida orientadas al modelo *Fabless* (concentradas en diseño y actividades de soporte a la fabricación).

Brasil no destaca en la estadística de exportación de semiconductores, esto se atribuye a que esencialmente atiende al mercado interno y a la baja escala de operaciones. En conjunto la industria brasileña de semiconductores se encuentra representada por 14 empresas que generan en el orden de 2.500 empleos directos.

## 6.2 OPORTUNIDADES Y AMENAZAS PARA LOS PAÍSES DE ALC ANTE LA REORGANIZACIÓN DE LA CADENA DE VALOR Y TENDENCIAS

### Oportunidades para ALC

Se considera que el mejor abordaje es el de la identificación de oportunidades para complementar operaciones nuevas que se estén desarrollando en los EE.UU.. Este enfoque nos coloca en un terreno de mayor viabilidad y no demanda que se iguallen o superen los esquemas de incentivos.

En términos de la cadena de valor, las oportunidades se observan bastante diferenciadas.

- **Diseño:** Las ciudades con concentración de graduados en áreas de ingeniería y especialidades relacionadas a la electrónica podrían enfocarse en captar inversión en la modalidad de células o centros de diseño y desarrollo de tecnologías a diferentes niveles de complejidad (menores para circuitos de uso específico y mayores por ejemplo para dispositivos móviles). Se trata de operaciones para las cuales los incentivos son importantes, mas no de la misma manera determinantes como lo son para una fábrica. El principal elemento en la oferta de valor es el talento, acompañado de una razonable presencia del ecosistema de soporte e infraestructura física y de telecomunicaciones.

Habría que considerar además que en el caso de los EE.UU. ya se concentra la mayor proporción de operaciones de este eslabón, y que es el que mayor valor agregado aporta a las empresas, por lo que no les resulta indiferente el *nearshoring* y habría que identificar casos específicos de empresas cuya escala de nuevos grupos de diseño sea compatible con el espectro que en el destino de la región en América Latina se pueda cubrir. En principio las condiciones para captar este tipo de inversiones se encontrarían en la región del norte, occidente y centro de México, así como potencialmente en otras capitales de naciones como Costa Rica, Colombia, Brasil y Chile, sin embargo, el nivel de magnitud

alcanzable dependería de la dotación de recurso humano relacionado disponible y la capacidad para generar o atraer talento adicional.

- **Fabricación (*Wafer fab*):** Del interés estratégico de los EE.UU. para desarrollar en su territorio, tal como está sucediendo con las empresas Intel y TSMC en el estado de Arizona, y Samsung en el estado de Texas. Dadas las condiciones de avance técnico y requerimientos de incentivos, resulta inviable que proyectos de tal magnitud sean captados en ALC, con la salvedad de un esquema de establecimiento en extraterritorialidad (operaciones en denominados “paraísos fiscales”), lo que resulta complejo de implementar para empresas de la formalidad y dimensiones de las antes referidas.
- **Empaque y prueba:** El eslabón más permeable de la cadena para los países de ALC. Considerando las trayectorias de industrialización y experiencias previas, para el caso de México (ya con presencia de Skyworks y previamente de Kyocera) y de Costa Rica (con la presencia de Intel), es posible hacer un replanteamiento de las propuestas de valor para hacerlas más atractivas con una combinación de talento, incentivos y soporte institucional, por ejemplo.

De nueva cuenta, la región del norte de México y Costa Rica por su experiencia podrían hacer propuestas a empresas fabricantes para atraer este tipo de proyectos, siempre y cuando exista un fuerte compromiso gubernamental para el otorgamiento de incentivos y el desarrollo de capacidades e infraestructura, especialmente la asociada al abastecimiento de agua y energía, así como para fines logísticos en la modalidad de vías carreteras, de ferrocarril y aeropuertos.

- **Insumos para los procesos de fabricación:** Dada la extensa red de suministro de materias primas, equipos, productos químicos, herramientas y accesorios requeridos en la producción de semiconductores, es factible que se puedan ubicar casos de empresas que deseen establecer una base productiva con mayor cercanía a los nuevos complejos de fabricación que se están desarrollando en los EE.UU.. En general se trata de promoción y captación de proyectos de IED por parte de los proveedores especializados para el establecimiento de plantas filiales como un mecanismo de incremento de capacidad y no, en la mayoría de los casos, como una relocalización.

Dado que se trata de operaciones de orden secundario en prioridad respecto a las plantas de fabricación, sería de esperarse que estas no reciban el mismo tratamiento en materia de facilidades e incentivos para instalarse en los EE.UU., por ende, resultan más accesibles para los países de ALC. La complejidad de captar este tipo de inversiones radica en localizar a los proveedores específicos que puedan tener una motivación para establecerse con relativa cercanía a los EE.UU..

Los niveles de incentivos a ser ofertados podrían ser de una magnitud significativamente menor respecto a lo que los EE.UU. ofrece a los fabricantes de semiconductores, siendo que el acceso con mayor proximidad a un nuevo mercado puede resultar fuertemente atractivo. La identificación y acercamiento a proveedores de esta cadena puede realizarse mediante organizaciones de industria, ferias y convenciones del sector y/o referencia directa de los fabricantes. A manera una referencia se incluye en el Anexo C el directorio de proveedores de la industria de semiconductores de la publicación “*Semiconductor Today*”.

El resto de los eslabones de la cadena de valor extendida no se consideran aptos para focalizar en ellos la participación desde ALC. Se destaca también que en el contexto en el que la reconfiguración se desenvuelve, particularmente por las tensiones de China con los EE.UU., seguramente habrá consideraciones políticas para que los EE.UU. vean como adecuada la complementariedad de operaciones desde la región ALC. Cualquier nación con inestabilidad política o que no pueda dar confianza y certidumbre a la inversión privada, pudiera ser vista como de riesgo para una industria tan sensible al futuro de los EE.UU..

Del análisis previo se destacan el caso de México y Costa Rica como las dos naciones con mayores posibilidades de incursión, debido a su trayectoria y volumen de exportación; entre ellas, pudiera comprenderse en términos generales y a reserva de un análisis a profundidad por expertos que Costa Rica ofrece un entorno más amigable y alineado a los intereses de los EE.UU. en comparación con México, el cual tendría como ventaja una proximidad mayor, especialmente en los estados de la frontera norte, sin embargo una postura de aceptar menor influencia en sus políticas internas desde los EE.UU.. Los gobiernos nacionales de ambos países han manifestado su interés en captar proyectos de la industria de los semiconductores, sin embargo, en ninguno de los casos se ha formulado un paquete de incentivos comparable con la oferta de los EE.UU., por ejemplo.

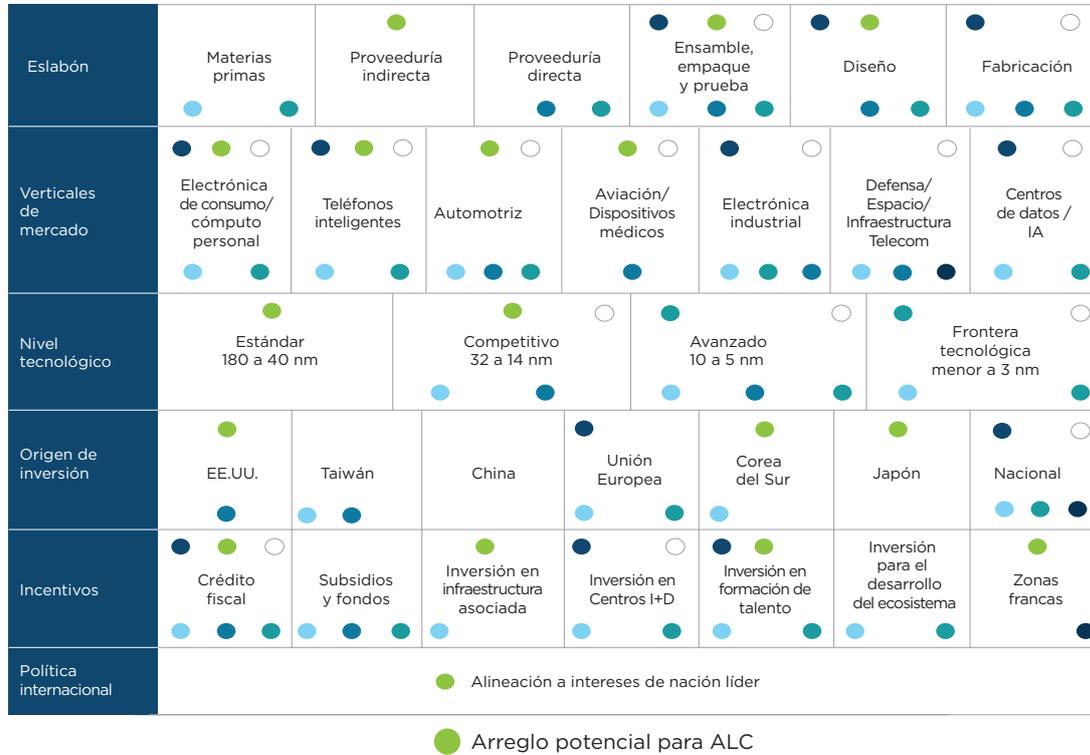
Destaca entonces la pregunta de si las naciones de la región de ALC pueden ser competitivas para atraer segmentos clave de la cadena de valor de semiconductores sin realizar grandes inversiones en complementar capacidades y ofrecer incentivos comparables a los de las naciones que lideran el proceso de reordenamiento; la respuesta parece ser que no es una apuesta con buena expectativa de resultados. Adicionalmente, los gobiernos de las naciones de ALC deben tratar con los gobiernos de las naciones que lideran, especialmente por influencia regional, con EE.UU. para determinar en cuales eslabones, aplicaciones e inclusive empresas no se entra en conflicto, y por el contrario, se juega el rol de aliado que complementa una cadena de manera regional y sin representar riesgos.

Utilizando el modelo de caracterización antes presentado, se muestra un potencial arreglo de estrategia para las naciones más competitivas en torno a esta industria en ALC (Figura 58).



**Figura 58.**

Potencial arreglo de estrategia para incrementar la participación en la cadena de valor de semiconductores para naciones con mayor potencial en ALC.



Fuente: Elaboración propia.

Se destaca por ejemplo, la presencia en México de industrias “terminales” o “integradoras” como la electrónica de consumo y automotriz, que pueden generar sinergias con empresas de semiconductores enfocadas en dichas cadenas; también se menciona el elemento de “Zonas Francas” como un parámetro que incide en una forma de otorgamiento de incentivos fiscales vía la excepción, Costa Rica y República Dominicana disponen de estos esquemas como parte central de la oferta de valor en la atracción de inversión, en el caso de México el esquema de “Polos de desarrollo” planteado de manera relativamente reciente, dispone de esquemas de incentivo fiscal relevantes, sin embargo los polos que se han designado en la zona sureste del país (Istmo de Tehuantepec) se encuentran alejados de disponer de otros factores como los ecosistemas e infraestructura asociada al sector.

### 6.3 AMENAZAS PARA LA REGIÓN ALC ANTE LA REORGANIZACIÓN DE LA INDUSTRIA

Existen pocos riesgos de que la reducida participación de la región de ALC en la cadena de valor de la industria de los semiconductores pueda verse afectada (disminuida) ante la reconfiguración global del sector, sin embargo, resulta conveniente revisar los siguientes ejes como de potencial afectación colateral, dadas las condiciones que coyunturalmente se conjugan en torno a dicha reconfiguración.

## **Fuga de talento**

El crecimiento de la industria de los semiconductores en los EE.UU. generará sin lugar a duda un incremento en la demanda de profesionales especializados en disciplinas tales como la ingeniería electrónica, del diseño de circuitos, las tecnologías de información, ciencia de los materiales y automatización, solo por mencionar algunos. Tan solo TSMC reporta que, para su nueva planta en el estado de Arizona, EE.UU., contratará más de 1.600 empleados en áreas de alta tecnología (TSMC, 2020); un gran número de los cuales provendrán de otros estados en EE.UU. y de otras naciones (Greater Phoenix Economic Council, 2021).

Es sabido que el mercado laboral de los EE.UU. tiene un déficit histórico en profesionales especializados, siendo la mayor proporción de este en las áreas de ingeniería y tecnologías de la información, los cuales se procura abastecer mediante las visas H-1B; para el año 2025 se proyecta otorgar 135.000 de estas visas<sup>11</sup>. Si bien, un gran número de este tipo de profesionales emigran a los EE.UU. desde la India y China, por ejemplo, la cercanía y escala de la demanda representa una oportunidad única para que profesionales de países latinoamericanos se integren al mercado laboral de los países más desarrollados. La fuga de talento de la región de ALC hacia los EE.UU. si bien representa para los individuos nuevas oportunidades de acceder a un mejor nivel de vida, a la vez merma el potencial de desarrollo de las naciones emergentes y reduce las posibilidades de insertarse en las cadenas de valor donde el talento que ha migrado se requiere.

## **Descrédito**

Una amenaza central para las naciones es la propia complejidad para identificar oportunidades precisas en determinados eslabones de la cadena productiva donde hay una acumulación de capacidades locales a nivel competitivo para sustentar los nuevos proyectos que conduzca a planteamientos donde la evaluación por parte de empresas prospecto resulte en una evaluación negativa. El descrédito puede presentarse en la forma de una sobrestimación de las capacidades locales, en la forma de una oferta de incentivos distante de ser competitiva y en la formalidad de la gestión de proyectos de tan alta complejidad, por ejemplo, al no tener sustentado un fuerte compromiso del gobierno central para dar soporte al desarrollo.

## **Relocalización de operaciones hacia fuera de América Latina**

Un riesgo para el reducido número de operaciones centrales a la cadena de valor existentes en América Latina que corresponden a la industria de los semiconductores de la reconfiguración geográfica del sector es la posibilidad de que se concentren operaciones de diseño, desarrollo, validación en los EE.UU.. La posibilidad de que las operaciones de ensamble y prueba sean consolidadas también existe, sin embargo, las fuertes inversiones en infraestructura son un factor detractor de que esto suceda.

La relocalización hacia fuera de la región de ALC por razones de consolidación o como efecto colateral de las fusiones y adquisiciones en la industria es una amenaza potencial, particularmente considerando que solo tres empresas participan en el liderazgo de la tecnología de punta de fabricación de obleas (Samsung, Intel y TSMC), y solo una de ellas tiene operaciones de semiconductores tanto en México como en

<sup>11</sup> Se han recibido 479.953 solicitudes de visas H1-B para el 2025 según el US Citizenship and Immigration Services, para mayor referencia véase U.S. Citizenship and Immigration Services (2025).

Costa Rica. Intel, a pesar de su tamaño y trayectoria ha tenido complicaciones para avanzar a los nodos de 7, 5 y 3 nanómetros (Fox, 2020; Kan, 2020; Hruska, 2020; Lapedus, 2021; y Brown, 2020), inclusive viéndose en la necesidad de subcontratar la fabricación de procesadores Core i3 de escala de 5nm a TSMC en el año 2021 (Lapedus, 2021). Dadas las dificultades de Intel para avanzar en las tecnologías de fabricación de nueva tecnología, algunas fuentes especulan sobre la posibilidad de que Intel eventualmente transite del modelo de negocio integrado (IDM) al modelo *Fabless* en más líneas de productos, esto tendría como consecuencia un reordenamiento de la capacidad productiva, especialmente la situada en Costa Rica.

### **Riesgos ambientales y de seguridad**

Finalmente, una cuarta amenaza radica en la captación de procesos relacionados a sustancias químicas y materiales contaminantes para los que no se dispone de la regulación y experiencia en su manejo, resultando receptor de los procesos que en otras naciones no son deseados, además de asumir el riesgo de accidentes con afectaciones al personal y/o al medio ambiente. Si bien resulta difícil de contemplar que las empresas líderes de la industria de semiconductores pudieran cometer omisiones en controles relacionados a las materias de seguridad o medio ambiente, no necesariamente sería el caso de proveedores de segundo y tercer nivel (abastecimiento de sustancias químicas, manejo y tratamiento de residuos, preparación de materiales, por ejemplo).

## 6.4

### PAÍSES CON MAYOR POTENCIAL EN LOS DIFERENTES ESLABONES DE LA CADENA DE VALOR

Dada la trayectoria y capacidades análogas a la fabricación de semiconductores, solo tres países de la región ALC se considera tienen el potencial actual de participar en la cadena de valor central de los semiconductores: Costa Rica, México y Brasil.

#### COSTA RICA

La trayectoria de Costa Rica en la industria de los semiconductores, como ya se ha expresado de manera previa en este informe, se centra en la inversión que en dicho país realizó Intel en 1998 y que se concentra en el eslabón de empaque y prueba, operando aún hoy en día con cerca de 2.000 empleados. De acuerdo con el sitio oficial de Intel, en el sitio también se realizan actividades de diseño, prototipado y validación de circuitos y soluciones de software (Intel, s.f.).

Las expresiones de los ejecutivos de Intel, captadas en tres entrevistas realizadas durante el proyecto dejan ver que el arrojo y compromiso en los años 90's del entonces presidente de la república José María Figueres y su equipo de colaboradores para colocar al país en el escenario internacional de las industrias de alta tecnología fue determinante para la decisión de inversión (BID, 2001). Con el paso del tiempo y a pesar de haberse vinculado otras políticas de impulso entorno a Intel, tales como "Costa Rica Provee" para el desarrollo de proveedores y el "Programa Desarrolladores de Software", las condiciones para un crecimiento determinante de Intel en Costa Rica no estuvieron presentes y se tomó la decisión de cesar operaciones hacia 2014, las cuales, por fortuna se reanudaron en el año 2020.

Puede intuirse que el reordenamiento global de la cadena de valor haya tenido gran influencia en considerar la reactivación de las operaciones de Intel en Costa Rica, considerando que la infraestructura y cierta parte de las capacidades en dicha nación pueden ser aprovechadas y construir en torno a ellas. El anuncio de elevar la inversión de dicha planta al orden de los USD 600 millones, más de 70% por encima de lo inicialmente previsto y la extensión de capacidades no solo en los procesos de empaque y prueba, sino también en torno al centro de I+D (SWI, 2021), confirma la racionalidad de que es en estos procesos previo y posterior a la fabricación de obleas donde se encuentran las oportunidades de participación en actividades de alto valor agregado. Se considera que, dada la experiencia de Costa Rica con Intel de atender apenas en suficiencia los requerimientos de talento y soporte gubernamental, la apuesta de consolidar la relación con dicha empresa debería prevalecer sobre las alternativas de procurar en el corto y mediano plazo a otras empresas centrales a la cadena de valor.

Otras oportunidades para la atracción de inversiones a Costa Rica relacionadas al sector pueden localizarse en la provisión de equipos complementarios de proceso y de soporte (control de calidad, herramientas, automatización, ambiente controlado), para los cuales el acercamiento a la propia cadena de abastecimiento de Intel, en coordinación con dicha empresa puede ser aún más viable.

La empresa Teradyne también dispone de operaciones en Costa Rica, enfocadas a el diseño, desarrollo y fabricación de equipo de automatización y prueba para diversas industrias, incluida la de semiconductores. Esta experiencia puede ser auxiliar en la promoción de inversión de empresas fabricantes de equipo auxiliar para la industria de los semiconductores.

Dado que en Costa Rica la industria se concentra en un solo polo geográfico en torno a la ciudad capital y que las capacidades actuales se encuentran cercanas a un punto de saturación para atender las necesidades de Intel, se recomienda enfocar esfuerzos de desarrollo, al menos en el mediano plazo, en alineación con los planes de Intel. Posteriormente podría considerarse una diversificación a otras empresas y tipos de semiconductores.

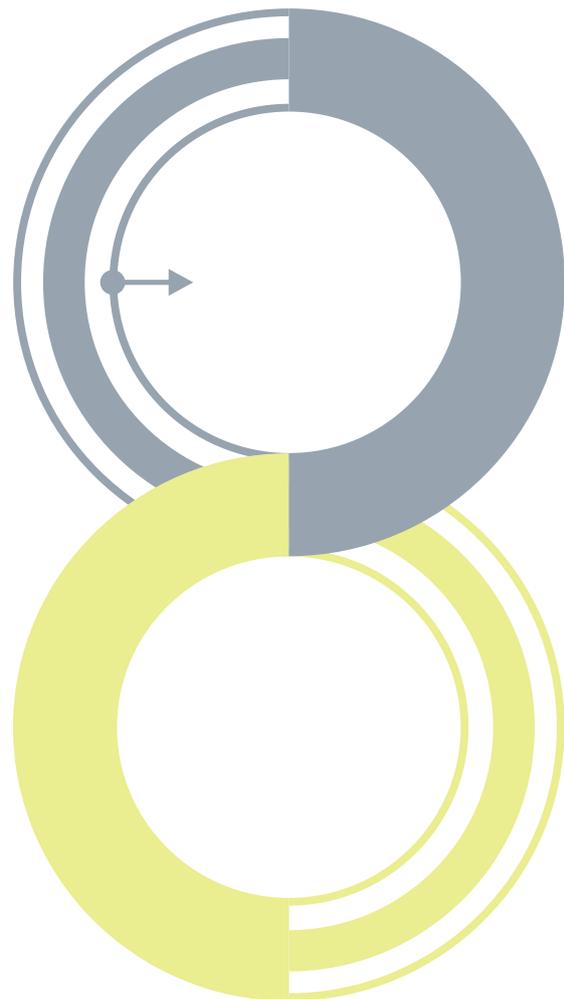
## MÉXICO

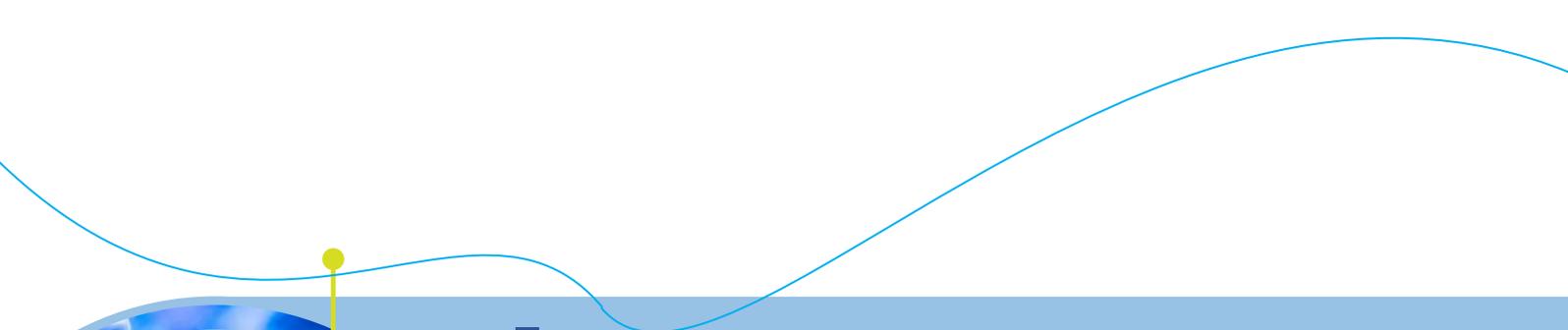
En términos de participación en eslabones de la cadena productiva de los semiconductores, las oportunidades para México coinciden con Costa Rica en los procesos de diseño y desarrollo, así como de empaque y prueba. Los procesos de fabricación de obleas y de fundición, si bien pudieran ser apoyados con un gran esfuerzo por el ecosistema institucional, infraestructura y talento mexicano, carecen de dos elementos fundamentales para ser viables a de atraer a México: estar contemplados dentro de la estrategia de las empresas líderes del sector para localizarse fuera de los países que pugnan por ellos, y segundo un compromiso de apoyo gubernamental respaldado con incentivos de gran escala.

A diferencia de Costa Rica, en México es factible pensar en diversas locaciones o polos donde las actividades de diseño o de ensamble y prueba podrían desarrollarse. Se distinguen por ejemplo ciudades como Tijuana y Mexicali en Baja California, Ciudad Juárez en Chihuahua, Monterrey en Nuevo León, Guadalajara en Jalisco e inclusive en torno a la Ciudad de México por la alta concentración de graduados de nivel profesional y posgrado.

Para México las posibilidades de participar en los procesos de diseño, prototipado y validación como actividades de servicio, asociadas a la ingeniería pueden impulsarse vinculadas a sectores de manufactura en los que el país tiene una considerable base productiva instalada, tales como el de la electrónica, automotriz, telecomunicaciones y de los dispositivos médicos. La fabricación de semiconductores requeridos para estas industrias pudiera no necesariamente corresponder a un abasto nacional, sino con un enfoque de aprovechamiento del conocimiento existente sobre los productos de estas industrias; en este sentido, la participación de México tendría perspectivas favorables de participación en diversos tipos de semiconductores y para distintos segmentos de mercado.

Las operaciones de ensamble, empaque y prueba, tales como la de Skyworks e Infineon en Baja California podrían, por cuestiones logísticas y de cercanía a la ubicación de las nuevas plantas en los EE.UU. (TSMC e Intel en Arizona, Samsung en Texas) localizarse particularmente en los estados de la frontera norte de México, minimizando riesgos y tiempos de respuesta, además de aprovechar una base de talento preexistente. A pesar de ello, es necesario el planteamiento de paquetes de incentivo y estímulo con enfoque particular en inversiones estratégica como las de la industria de los semiconductores. El involucramiento del sector educativo en la fórmula de soporte al desarrollo del sector es esencial.





## 7. RECOMENDACIONES DE POLÍTICA TENDIENTES A MEJORAR EL POSICIONAMIENTO DE LA REGIÓN PARA LA ATRACCIÓN DE NUEVAS OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN Y APROVISIONAMIENTO EN LAS CADENAS DE VALOR DEL SECTOR DE SEMICONDUCTORES



Considerando que la base de fabricación de semiconductores en los EE.UU. crecerá significativamente en la próxima década, la oportunidad de abordar a los principales fabricantes de equipo e insumos que no tienen presencia en el continente americano para el establecimiento de planta filiales o centros de distribución es una oportunidad para la cual los niveles de complejidad y requerimientos para el establecimiento se reducen sustancialmente respecto a la fabricación de obleas. En los niveles secundarios y terciarios de proveeduría (materiales, componentes, suministros para mantenimiento, reparaciones y operación -MRO-, servicios y otros indirectos) existe la posibilidad de que las empresas que expandan o relocalicen operaciones para abastecer la industria del continente americano consideren a México, Costa Rica y otros países de la región ALC como alternativas.

### BRASIL

Los esfuerzos de posicionamiento de Brasil en la industria de los semiconductores dan prueba de la necesidad de que las naciones se mantengan fuertemente vinculadas a la evolución global de la industria. Si bien el número de empresas extranjeras que fueron atraídas para invertir en Brasil no es nada despreciable, además de que el propio país ha invertido en fomentar una industria nacional de semiconductores, el resultado es poco halagador y no habla de una tendencia de participación notable en la escala mundial.

Brasil resulta ser un caso de concentración de industria de los semiconductores que poco es referida en la escala internacional y que no es considerada de manera central en el reordenamiento de la cadena de valor, a reserva de aquellas empresas que ya tiene presencia local. Es factible que Brasil consolide su participación en las actividades de diseño y desarrollo de semiconductores para cadenas productivas de tecnologías de sofisticación intermedia, como lo ha hecho hasta el momento.

## 7.1

### LA RECONFIGURACIÓN DE LA INDUSTRIA DE LOS SEMICONDUCTORES PARA ALC

Leído desde la perspectiva de los intereses para las naciones de ALC, la industria de los semiconductores es un conglomerado de empresas que conforma una red de valor relativamente cerrada, que prácticamente solo se conecta con otras industrias en el punto de suministro de semiconductores como insumo industrial intermedio para aplicaciones de diversa índole en el campo de las telecomunicaciones, los productos de consumo, los automóviles, la salud, las actividades de negocio y una lista cada vez más extensa de aplicaciones. Solo es de esperarse que la demanda de semiconductores incremente en el tiempo y que estos sean cada vez más sofisticados, elevando con ello las barreras de técnicas y de inversión para los participantes.

Las alternativas de incursión como nuevo entrante en esta industria, como se ha expuesto en la sección previa, son por ende restringidas, siendo los puntos de acceso más blandos el de servicios, asociado a la ingeniería de desarrollo o diseño, donde algunas aplicaciones iniciales de circuitos integrados de complejidad baja a intermedia pudieran presentar posibilidades de incursión del talento latinoamericano para dar acceso posterior a la participación en sistemas más sofisticados. La participación de la región ALC en este eslabón no es del todo nueva, tanto en las operaciones de Continental en Guadalajara, México, como en APTIV (antes Delphi) en Chihuahua, México, solo por mencionar un par de referentes, han tenido cuando menos una intervención parcial en los procesos de diseño de semiconductores dentro de sus líneas de productos propios.

Una segunda posibilidad la representa la atracción de IED en materia del eslabón de ensamble, empaque y prueba, aunque tampoco es una oportunidad nueva para la región, siendo ejemplos de ello los casos de Intel en Costa Rica y de Skyworks, Infineon y Kyocera en México<sup>12</sup>. El reto en este sentido es el de vincular de manera asertiva la dimensión de las capacidades alcanzables en términos de volumen de producción con un cliente en particular que se encuentre idealmente en proceso de expansión de capacidades y se pueda presentar una oferta de valor con interesantes incentivos.

## 7.2

### PUNTOS CRÍTICOS PARA APROVECHAR OPORTUNIDADES Y ABORDAR LAS AMENAZAS REVELADAS

Considerando que se trata de una industria en crecimiento acelerado, la modalidad de promoción debe ser enfocada a la captación de proyectos de expansión de capacidad y no bajo el enfoque de relocalización. Nos encontramos en un momento en el tiempo que las decisiones de localización se ven afectadas en dos planos con lógicas distintas, pero ambas de gran magnitud.

Por un lado, los intereses particulares de las empresas en captar mayor participación de mercado y tener retornos sobre la inversión, algo difícil de lograr cuando se tienen tales escalas de inversión para incrementar capacidad y ventajas competitivas que los

12. La experiencia de encapsulado de semiconductores de Kyocera en Baja California, México ocurrió alrededor de la década del año 2000, sin embargo, con el paso del tiempo, el proceso fue relocalizado y actualmente la planta se enfoca en el ensamble de componentes electrónicos, paneles solares y otros componentes de uso diverso.

jugadores líderes buscan acortar continuamente. La competencia entre las empresas genera una diversidad de estrategias y líneas de acción; mientras algunas empresas buscarán incrementar su posición como IDMs, haciendo sus propias inversiones acorde a los mercados donde tiene mayor presencia y/o mayor interés; por su parte, en otros casos en que toda o al menos una parte de la capacidad de *Wafer fab* es tercerizada, las empresas apuestan fuertemente por mantenerse en el liderazgo de la innovación de productos o en afianzar la posición en el segmento o nicho de mercado que atienden; en un tercer escenario, las empresas estrechan los lazos de colaboración con sus respectivos proveedores de *Foundry*, buscando evadir el eslabón que mayores volúmenes de capital y experiencia en el control de procesos demanda. Las empresas subcontratistas, especialmente de *Foundry* y en un distante segundo término de ensamble, empaque y prueba, también se encuentran fuertemente inmersas en el proceso de incremento de la capacidad instalada, para ellas, además de los criterios de selección tradicionales, es importante considerar las tendencias de nuevos segmentos de mercado y futuros potenciales clientes para los cuales sea funcional la nueva capacidad construida.

El segundo plano de decisión en torno a la nueva capacidad es de naturaleza coyuntural, se eleva al nivel de los intereses estratégicos de las naciones, y se desahoga fundamentalmente entre China y los EE.UU., teniendo particulares repercusiones en Taiwán por la posición que juega como espacio concentrador de las capacidades de manufactura de la más alta tecnología. Otros jugadores como Corea del Sur, Alemania y Emiratos Árabes Unidos tienen una relevancia a menor escala en estos temas. El resto del mundo no es jugador en términos de la influencia de los gobiernos para direccionar el futuro de la industria de los semiconductores.

Lo que se encuentra en juego al nivel de las naciones es a su vez complejo, en un primer plano se observa en términos de balanza comercial la disputa entre la autosuficiencia e inclusive superávit como deseo de ambas naciones (China y los EE.UU.). Sin embargo más a fondo se debe observar aspectos como el control del desarrollo tecnológico, la posibilidad de ejercer políticas restrictivas al abasto ante disputas (el caso de la empresa Huawei da referencia de esto), la posibilidad de favorecer tecnológicamente a países aliados, el dar soporte tecnológico en mejor medida a los programas nacionales de defensa y el mitigar los riesgos ante una cadena de suministro vulnerable y con dudosa resiliencia, justamente debido a su complejidad (la pandemia de COVID-19, el bloqueo del canal de Suez e incidentes de desastres naturales lo revelan).

Es claro que la gobernanza de la cadena de valor se encuentra actualmente centrada en las empresas que tienen dentro de su alcance las actividades de diseño (IDM, *Fab-Lite* y *Fabless*), sin embargo el hecho de que la capacidad de *Wafer Fab* se concentre cada vez más en las *Foundries* como empresas independientes cambiará la relación de poderes en la cadena (ejemplo paralelo de ello es la clara transición del dominio de la cadena de electrónicos de consumo, originalmente centrada en los OEM's como Sony, Panasonic, Sanyo y otros, y que ahora está dominada por Contratistas de Manufactura (CM, EMS', como Foxconn, Jabil, Pegatron, Flex, entre otros).

Acorde a la posición y modelo de negocio de cada empresa y sus relaciones con los gobiernos en disputa, estas han estado tomando decisiones desde el año 2020 e inclusive antes, respecto a la localización de sus nuevas capacidades, este seguirá siendo el escenario de gestión para los próximos años. Las nuevas tecnologías IoT, automóvil eléctrico - conectado - autónomo, Industria 4.0, Inteligencia Artificial, cómputo en la nube, trabajo remoto, entre otras, serán impulsores de la demanda

de semiconductores, y generarán la demanda de semiconductores más potentes para fines de procesamiento y almacenamiento de datos.

La carrera entre los EE.UU. y China para ser los pioneros en la habilitación de nuevas tecnologías no solo está motivada por la productividad y la captura de mercado, adicionalmente el llevar la delantera les permite establecer los estándares y protocolos bajo los cuales las empresas seguidoras deban regirse en la gestión de los datos, lo que define en gran medida la ruta de futuros desarrollos.

Un reto para los países de la región de ALC es de enfocar de manera ágil, oportuna y contundente las oportunidades de inserción en los eslabones de alto valor agregado mencionados (diseño y empaque / prueba), y en un segundo plano procurar los subyacentes de menor nivel de complejidad (abasto de bienes y servicios complementarios e indirectos). Esto requiere un ejercicio de ponderación de las capacidades, la configuración de propuestas de valor de manera asertiva y el compromiso del más alto nivel de las autoridades nacionales y locales para realizar una gestión con las empresas prospectos.

Un segundo reto asociado a la potencial fuga de talento es el de generar dentro del territorio de cada nación la suficiente actividad profesional asociada a los perfiles disponibles para retener e inclusive incrementar la dotación de capacidades nacionales. El teletrabajo como tendencia acrecentada durante la pandemia de COVID-19 brinda un aliciente a las posibilidades de desarrollar de manera remota las actividades intensivas en conocimiento para empresas multinacionales.

Respecto a la amenaza de que se generen efectos no deseados en materia ambiental o de seguridad, corresponde a las autoridades nacionales y locales el realizar los estudios de riesgos e impacto necesarios y asegurar el cumplimiento de la normatividad en la materia.

## 7.3

### RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PARA CAPITALIZAR LAS OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS

En reconocimiento de factores prevaletes en los países de la región de ALC, tales como la falta de continuidad en las políticas públicas, las limitaciones financieras y de capacidades previamente disponibles para dar soporte al desarrollo de proyectos de la magnitud que la industria de los semiconductores contempla, se plantea una estrategia de promoción de inversiones con recomendaciones puntuales para los actores del desarrollo económico y un énfasis en las políticas públicas aplicables.

Es importante notar también que tal como ha ocurrido en los casos de las más recientes inversiones anunciadas para este sector en los EE.UU., los estados o provincias juegan un rol de alta importancia para la captación de nuevas inversiones y complementan los paquetes de estímulos e incentivos que se derivan del gobierno nacional.

También es necesario notar que para la definición de estrategias y planes de atracción de inversión en este sector la ventana de oportunidad para la captación de inversiones es temporalmente corta, considerando que la reconfiguración de las cadenas globales tuvo su inicio tentativamente hacia el año 2019 y que de acuerdo a la

opinión de representantes de la industria entrevistados concluirá su fase de decisiones de localización para la próxima década justo a mediados de esta.

Se espera que después de estas fechas y con las inversiones proyectadas se pueda eventualmente lograr un balance de la capacidad instalada con la demanda, aunque existe inclusive la posibilidad de que, debido a las presiones de naturaleza geopolítica, y dada la competencia entre empresas por llevar la delantera, se genere un efecto de sobrecapacidad en el mundo que conduzca a un nuevo reordenamiento, a potenciales reducciones en precios de productos, la reducción de la eficiencia o subutilización de capacidad, así como una mayor consolidación de la industria (emergencia de un potencial duopolio en el segmento más avanzado).

Considerando estas premisas y el análisis planteado a lo largo del informe, se plantea una estrategia centrada en 3 ejes de los que se despliegan líneas de acción y recomendaciones particulares:

### **Prospección proactiva**

#### **Recuadro 1.**

##### **Preselección de locaciones propensas para el desarrollo de la industria de los semiconductores**

1. En el caso del eslabón de diseño y desarrollo de semiconductores, se trata de locaciones con ecosistemas de actividades intensivas en conocimiento, particularmente asociadas a la microelectrónica, desarrollo de software especializado, materiales avanzados y física (óptica / optoelectrónica), capacidad de alojar centros de ingeniería, conectividad aérea internacional y de telecomunicaciones, y condiciones de calidad de vida para retener al talento.
2. En el caso de operaciones de empaque y prueba, además de disponibilidad de personal técnico y de ingeniería calificado, se requiere la infraestructura física para operaciones de esta índole y conectividad logística internacional (los parámetros se presentan como referencia en la sección de criterios de selección de ubicaciones).
3. En el caso de operaciones de proveeduría de soporte (bienes y servicios), la preexistencia de capacidades comparables y las facilidades logísticas para acceder a locaciones internacionales son de alta importancia.
4. Se recomienda disponer de un inventario actualizado de las capacidades de dichas locaciones a fin de que el proceso de calificación por parte de los prospectos pueda simplificarse.

Desde la perspectiva de políticas gubernamentales esto recae en el enfoque de los programas nacionales y regionales de fomento económico y promoción de inversión a un nivel operativo, asegurando la disponibilidad de recursos físicos y de talento.

#### **Recuadro 2.**

##### **Identificación y perfilamiento de prospectos (targeting and profiling)**

1. El proceso de identificación de prospectos puede orientarse primordialmente a la expansión y consolidación de operaciones de empresas que ya operan en los respectivos países y sus cadenas productivas, lo cual acortaría el proceso de análisis y reconocimiento de la localización.
2. En el caso del norte de México, un factor adicional a considerar es la proximidad, por lo que las operaciones asociadas a las cadenas de las nuevas instalaciones de TSMC, Intel y Samsung en EE. UU. pudieran observar una ventaja competitiva adicional asociada a la proximidad.

3. Si bien un país y una localidad dispondrán de una propuesta de valor general dadas sus características y oferta base de estímulos, resulta muy importante la personalización a los requerimientos de cada prospecto. Para incrementar el nivel de asertividad, el ejercicio de perfilamiento de dichas empresas debe permitir identificar la escala (volumen de producción) y especialización (nodos) a la que opera (menor escala y especialización implicaría un requerimiento más sencillo a abordar para la localidad), así como la sensibilidad a la proximidad y experiencia de otras operaciones en países en vías de desarrollo.
4. La identificación y perfilamiento también debe permitir a la entidad promotora de inversión identificar potenciales aliados para aproximar al prospecto, tales como embajadas y consulados, inclusive a otras empresas que ya operan en el país.

Desde la perspectiva de políticas gubernamentales, esto recae en el enfoque de los programas nacionales y regionales de promoción de inversión a un nivel operativo.

### **Recuadro 3.** Aproximación directa

1. Para organizaciones especializadas en la promoción de inversión, tales como CINDE (Costa Rica) y agencias regionales en México (Chihuahua Global, DEITAC, CDI, entre otras) la ejecución de una prospección directa es una práctica cotidiana para el abordaje a potenciales inversionistas, más allá de las estrategias de comunicación general y posicionamiento de marca país.
2. Dado que el tiempo apremia y las empresas del sector están siendo aproximadas por ofertas no solo de países, sino de estados, provincias y localidades, es requerido el contacto directo de los prospectos vía funcionarios de desarrollo de negocios, selección de localizaciones o sus equivalentes. El abordaje en eventos del sector o mediante comunicación digital masiva no se considera una estrategia central ante un espacio de tiempo como el que se dispone.

## **Diseño de paquetes de estímulos e incentivos inteligentes**

### **Recuadro 4.** Compromiso presidencial con proyectos de alto perfil

1. Las operaciones de alto perfil, aun cuando pudieran no tratarse de fabricación de obleas, sino de operaciones de diseño, desarrollo, empaque y prueba con inversiones usualmente en el orden de los cientos de millones de dólares y más de 1.000 empleos de profesionales especializados requieren de un compromiso nacional para el otorgamiento de facilidades y apoyos hacia el mediano y largo plazo.
2. La emisión de decretos o programas con financiamiento garantizado, para brindar garantía a la continuidad de estímulos bajo el argumento de proyectos estratégicos de desarrollo productivo constituye el instrumento de política pública del más alto nivel para sustentar el compromiso de apoyo hacia los inversionistas.
3. Para los casos de proyectos de escala moderada, la expresión de estímulos puede recaer en esquemas de menor formalidad como cartas compromiso y declaraciones públicas, e inclusive a nivel de autoridades locales o agencias de promoción de inversión. Desde la perspectiva de políticas gubernamentales, la emisión de decretos, de programas especiales o estratégicos recae fundamentalmente en el gobierno nacional y de manera complementaria en las regiones y localidades.

### Recuadro 5. Combinación de fuentes de incentivos

1. La práctica actual en los EE. UU. para los proyectos estratégicos más recientes en materia de semiconductores implica incentivos con valor por encima del 20% del valor de las inversiones, estos resultan de aportes federales (en su mayor parte) y, complementos sustanciales de los estados y ciudades donde las plantas se localizarán.
2. Para proyectos en otros eslabones de la cadena, los paquetes de incentivos podrían estar por debajo del 10% del valor de la inversión y conjugar elementos no económicos como la facilitación y acompañamiento por los diversos niveles de gobierno.
3. Complementario a los aportes gubernamentales, los recursos que el sector educativo puede aportar en la modalidad de desarrollo de talento también constituyen un elemento acumulable a la bolsa de incentivos a la inversión.
4. La inversión directa y multi-parte en el desarrollo de capacidades dentro del ecosistema regional de semiconductores resulta también en un incentivo y elemento de alto valor para la atracción de la inversión.
5. El esquema de Zona Libre o Zona Franca abona como parte de los esquemas de incentivos que una locación puede ofrecer.

Desde la perspectiva de políticas gubernamentales, los paquetes de incentivos pueden ser implementados bajo leyes de fomento, decretos y programas de estímulos, en la generalidad de los casos se trata de subvenciones o exenciones fiscales que requieren aprobación del poder legislativo, salvo las partidas previstas para proyectos estratégicos que en ocasiones se contemplan en el presupuesto de oficinas de los gobernantes. La combinación de incentivos de diferentes niveles de gobierno no requiere de un proceso formal, sino de la coordinación de los funcionarios responsables de las áreas que intervienen, usualmente fomento económico y finanzas o hacienda.

### Recuadro 6. Otorgamiento de incentivos inteligentes

1. Las exenciones fiscales son un método de incentivo que los gobiernos pueden justificar con relativa facilidad, dado que no implican el desembolso de recursos de otras fuentes, sino la suspensión temporal del ingreso fiscal de los propios proyectos aprobados, sin embargo, son instrumentos de poca visibilidad a la sociedad y potencialmente de poco efecto multiplicador, al aplicarse de manera directa al cálculo de la rentabilidad del inversionista. Los incentivos fiscales se encuentran delimitados por la propia base fiscal del país y región en el que se contempla la inversión.
2. Los fondos concursables o por asignación directa (grants) representa un mecanismo que puede ser direccionado por los gobiernos a temas particulares como el gasto en I+D, el equipamiento, la infraestructura o de manera directa en el gasto operativo.
3. La creación de fideicomisos como instrumento para garantizar la disponibilidad de fondos y el manejo transparente de los mismos, resulta un instrumento de política de gran utilidad para dar confianza al inversionista y asegurar la aplicación de los recursos en cantidad y forma.
4. Las alternativas o complementos a los incentivos fiscales y financieros incluyen la realización de obras de infraestructura complementarias a los proyectos de inversión, la especialización de connacionales, el apoyo al desarrollo de la cadena local de abastecimiento, entre otros. Este tipo de incentivos tienen mayor visibilidad, por ende, se perciben como más tangibles por la sociedad y son susceptibles de generar mayores externalidades.
5. El otorgamiento sin costo de terrenos para el desarrollo de proyectos es un incentivo en especie al cual se puede otorgar un valor comercial, sin que represente necesariamente un desembolso para los gobiernos, dado que es usual que estos dispongan de reservas territoriales. La localización de predios puede ser un factor para detonar nuevas zonas de desarrollo económico al habilitarse infraestructura vial, energética y de otro tipo para dar soporte a dichos espacios.

6. El crédito blando es también un incentivo que reduce el costo financiero de las nuevas inversiones, sea para la adquisición de activos fijos, como crédito refaccionario o para capital de trabajo. Los gobiernos pueden abaratar el costo comercial del crédito mediante fondos de garantía que operan de manera revolvente.
7. La gradación de los niveles de incentivos a otorgar con criterios asociados a objetivos de desarrollo (uso de tecnologías limpias, nivel de compensación del empleo generado, transferencia de tecnología) pueden generar beneficios adicionales para el país al mismo costo de simplemente asignar incentivos acordes al monto de inversión.
8. Los incentivos fiscales, financieros y no económicos también pueden reflejarse fuera de la empresa inversionista, al otorgar algunos tipos de apoyos a los proveedores que acompañan al inversionista (locales o foráneos) o al personal que trabaja en la empresa.
9. En general, los proyectos de inversión en el sector de semiconductores buscan cuantificar los incentivos en términos de su impacto en el costo y no en el margen de utilidad, por ende, deben ser más atractivos mientras mayor sea la inversión.
10. En todo caso, es preferible para fines de reducir la discrecionalidad el disponer de un conjunto de criterios estándar de evaluación para el otorgamiento de incentivos, disposiciones para la suspensión de beneficios en caso de incumplimiento de compromisos del inversionista y una temporalidad previamente especificada de los beneficios. En el caso de la industria de semiconductores, los expertos expresan que la proyección financiera se hace a una década, por lo que los beneficios pudieran tener dicha extensión en el tiempo, inclusive contemplando dos o más etapas, siendo la o las primeras en las que se otorga un mayor beneficio.

Desde la perspectiva de políticas gubernamentales, estos beneficios requieren estar previstos en ley, en algunos casos su administración, especialmente cuando se trata de recuso a ser aportado por el gobierno, será requerido el establecimiento de un fideicomiso administrador del recuso.

## Construcción de capacidades para la incursión en industrias de alto valor

### Recuadro 7.

#### Sectores prioritarios y alineación de recursos

1. La determinación de sectores prioritarios es una práctica de gran valor para la focalización de recursos y estrategias de un país emergente. Si la industria de los semiconductores resulta viable y conveniente para una localidad, los esfuerzos de especialización deberán incluir la formación de talento, el desarrollo de infraestructura, el impulso a los ecosistemas e inclusive las políticas públicas.
2. Las trayectorias que los sectores prioritarios de una localidad, región o país generan evidencia de capacidades de desplegar política sectorial e implican la posibilidad de transferirlas a otros sectores similares.
3. Si bien se trata de otros sectores de menor sofisticación, tanto las baterías eléctricas, los paneles solares y los artefactos de IoT, por ejemplo, corresponden a industrias de alta relevancia en el mundo, también dignos de ser objeto de estrategias de promoción de inversión y que pueden guardar suficiente compatibilidad con algunos eslabones de la cadena productiva de semiconductores.

Desde la perspectiva de políticas gubernamentales, lo anterior puede ser abordado desde una declaración de vocaciones productivas o sectores estratégicos para una localidad, en torno a la cual se pueda consolidar capacidades vía la inversión pública y el fortalecimiento a empresas de actividades relacionadas.

La mera mención del sector de semiconductores como vocación o sector estratégico, o el desarrollo de programas o planes no vinculantes o sin el respaldo de inversión de recursos públicos en escala apropiada no surte efectos ante los procesos de toma de decisiones en esta industria.

### Recuadro 8. Especialización inteligente

1. En términos del talento y competencias técnicas, las áreas transversales de especialización permiten efectos sinérgicos al ser aprovechables en este caso por la industria de los semiconductores y por otras industrias. Ejemplo de dichas áreas transversales asociadas a los semiconductores son el diseño electrónico, la optoelectrónica, la automatización, los materiales avanzados y el desarrollo de software.
2. Acorde a las mejores prácticas sugeridas dentro del modelo RIS3, impulsado por la Estrategia Europa 2020<sup>13</sup>, las regiones deben construir sobre sus ventajas competitivas y potenciales, estas se deben de entender como dinámicas e impulsadas con el apoyo político y la inversión, por lo que la orientación en la formación actual dará espacio a nuevas potencialidades futuras.

Desde la perspectiva de políticas gubernamentales, lo anterior suele requerir la coordinación interinstitucional (transversal) de dependencias responsables del ramo educativo, de fomento económico, de infraestructura, ciencia y tecnología, a efectos de que las acciones de diversas dependencias puedan articular labores y presupuestos mediante la conformación de comisiones especializadas de corte temático / sectorial.

A manera de últimas reflexiones en este informe, se expresa que una buena política exterior, particularmente en términos de la relación con el gobierno de los EE.UU. puede funcionar como un elemento catalizador de proyectos de inversión en el sector de semiconductores en la región de ALC. La percepción internacional de la estabilidad política, económica y de certidumbre a la inversión son elementos cualitativos ponderados por los inversionistas para estimar el riesgo de nuevos proyectos. Las oportunidades para naciones de la región de ALC en el sector de semiconductores son precisas, sin embargo, se requiere de una acción oportuna y contundente para que sean aprovechadas.

13. Para mayor referencia véase la Estrategia Europa 2020 [http://ec.europa.eu/commission\\_2010-2014/president/news/documents/pdf/20100303\\_1\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/commission_2010-2014/president/news/documents/pdf/20100303_1_es.pdf)

# Referencias y fuentes

- Accenture y GSA (2020). Globality and Complexity of the semiconductor Ecosystem. Recuperado de [https://www.accenture.com/\\_acnmedia/PDF-119/Accenture-Globality-and-Complexity-Semiconductor-POV.pdf](https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-119/Accenture-Globality-and-Complexity-Semiconductor-POV.pdf)
- Alonso, R. (2021). ¿Es posible seguir la Ley de Moore con transistores de menos de 1nm? Hard Zone. Recuperado de <https://hardzone.es/tutoriales/rendimiento/transistores-1-nm-ley-moore/>
- AMD (2020). Introduction to Semiconductors, Recuperado de <https://www.amd.com/en/technologies/introduction-to-semiconductors>;
- BID (2001). La inversión de Intel y políticas micro para fortalecer la competitividad en Costa Rica. Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/34838/S2001542\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/34838/S2001542_es.pdf)
- BID (2022). México y la cadena de valor de semiconductores. Recuperado de <https://publications.iadb.org/es/mexico-y-la-cadena-de-valor-de-los-semiconductores-oportunidades-de-cara-al-nuevo-escenario-global>
- Bloomberg (2021a). The chip shortages keeps getting worse. Why can't we just make more? Recuperado de <https://www.bloomberg.com/graphics/2021-chip-production-why-hard-to-make-semiconductors/>
- Bloomberg (2021b). Supply Snarls Disrupt Chips and Ships as Higher Costs Abound. Recuperado de <https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2021-03-17/supply-chain-latest-chip-and-ship-delays-fan-inflation-concerns>
- BCG y SIA (2020). Government incentives and US Competitiveness in semiconductor manufacturing. Recuperado de <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2020/09/Government-Incentives-and-US-Competitiveness-in-Semiconductor-Manufacturing-Sep-2020.pdf>
- BCG y SIA (2021). Strengthening the global semiconductor supply chain in an uncertain era. Recuperado de [https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021\\_1.pdf](https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/05/BCG-x-SIA-Strengthening-the-Global-Semiconductor-Value-Chain-April-2021_1.pdf)
- Brown, S. (2020). Intel Announces 3nm Plans Despite 7nm Failure. Recuperado de <https://www.electropages.com/blog/2020/12/intel-announces-3nm-plans-despite-7nm-failure>
- CANIETI, Secretaría de Economía y AXIS (2017). Estudio de diagnóstico e identificación de oportunidades de desarrollo de la industria electrónica de Baja California. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311904/PPCI-2016080489\\_-\\_Estudio\\_de\\_diagn\\_stico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311904/PPCI-2016080489_-_Estudio_de_diagn_stico.pdf)
- China Center U.S. Chamber of Commerce (2021). Understanding U.S. - China Decoupling: Macro Trends and Industry Impacts. Recuperado de [https://www.uschamber.com/assets/archived/images/024001\\_us\\_china\\_decoupling\\_report\\_fin.pdf](https://www.uschamber.com/assets/archived/images/024001_us_china_decoupling_report_fin.pdf)
- Crosley, T. (2019). How many transistors does a typical microprocessor chip contain? Recuperado de <https://www.quora.com/How-many-transistors-does-a-typical-microprocessor-chip-contain>

- El-Aawar, H., & Sous, A. (2019). Applying the Moore's Law for a Long Time using Multi-Layer Crystal Square on a Chip. 2019 IEEE XVth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 12-16. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/Applying-the-Moore's-Law-for-a-Long-Time-using-on-a-El-Aawar-Sous/e45ad018a0b340e28e6244aebd43308ac65ebdd6>
- El Colegio de la Frontera Norte (2012). Plan estratégico y transversal de ciencia y tecnología en la frontera norte de México. Recuperado de <https://www.colef.mx/noticia/plan-estrategico-y-transversal-de-ciencia-y-tecnologia-en-la-frontera-norte-de-mexico/>
- Employ America (2020). A Brief History of Semiconductors: How The US Cut Costs and Lost the Leading Edge. Recuperado de <https://employamerica.medium.com/a-brief-history-of-semiconductors-how-the-us-cut-costs-and-lost-the-leading-edge-c21b96707cd2>
- Forbes (2021). Why China (probably) won't go to war over Taiwan's semiconductor riches. Recuperado de <https://www.forbes.com/sites/georgecalhoun/2021/09/29/why-china-probably-wont-go-to-war-over-taiwans-semiconductor-riches/?sh=7aeba0d92aa4>
- Fox, C. (2020). Intel's next-generation 7nm chips delayed until 2022. BBC News. Recuperado de <https://www.bbc.com/news/technology-53525710>
- Gartner (2020). Market Share: Semiconductor Distributors, Worldwide, 2019. Recuperado de <https://www.gartner.com/en/documents/3981608/market-share-semiconductor-distributors-worldwide-2019>
- Gereffi, G., Humphrey, J. y Sturgeon T. (2005). The governance of global value chains. Review of International Political Economy 12:1 February 2005: 78-104 ISSN 0969-2290 print/ISSN 1466-4526. Taylor & Francis Ltd.
- González, J. (s.f.). CPU de 7nm o 10 nm: ¿Qué es y por qué importa esta medida? Recuperado de <https://culturacion.com/cpu-de-7nm-o-10-nm-que-es-y-por-que-importa-esta-medida/>
- Greater Phoenix Economic Council (2021). TSMC hires first recruiting class of 250 employees. Recuperado de <https://www.gpec.org/blog/tsmc-hires-first-recruiting-class-of-250-employees/>
- Harvard University (2019). Atlas of Economic Complexity. Recuperado de <http://www.atlas.cid.harvard.edu>
- Hruska, J. (2020). How Intel Lost \$10 Billion and the Mobile Market. Recuperado de <https://www.extremetech.com/extreme/227720-how-intel-lost-10-billion-and-the-mobile-market>
- IC Insights (2021). TSMC ranks in Top-10 for capacity in three wafer categories. Recuperado de <https://www.icinsights.com/news/bulletins/TSMC-Ranks-In-Top10-For-Capacity-In-Three-Wafer-Size-Categories/>
- Intel (s.f.). Intel in Costa Rica. Recuperado de <https://www.intel.la/content/www/xl/es/corporate-responsibility/intel-in-costa-rica.html>
- Investopedia (2020). The main types of chips produced by semiconductor companies. Recuperado de <https://www.investopedia.com/ask/answers/042115/what-are-main-types-chips-produced-semiconductor-companies.asp>
- Kan, M. (2020). Despite 7nm Struggle, Intel to Keep Investing in 5nm, 3nm Chip Technologies. PC. Recuperado de <https://www.pcmag.com/news/despite-7nm-struggle-intel-to-keep-investing-in-5nm-3nm-chip-technologies>
- Lapedus, M. (2021). Foundry Wars Begin. Recuperado de <https://semiengineering.com/foundry-wars-begin/>

- McKinsey & Company (2021). Automotive semiconductors for the autonomous age. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/automotive-semiconductors-for-the-autonomous-age>
- Ministerio de Comercio Exterior (2024). Hoja de Ruta para el Fortalecimiento del Ecosistema de Semiconductores en Costa Rica. Recuperado de [https://d1qqtien6gys07.cloudfront.net/wp-content/uploads/2024/03/hrs\\_vfinal-2.pdf](https://d1qqtien6gys07.cloudfront.net/wp-content/uploads/2024/03/hrs_vfinal-2.pdf)
- NIST (2025). The CHIPS Program Office Vision for Success: Two Years Later. Recuperado de <https://www.nist.gov/system/files/documents/2025/01/10/The%20CHIPS%20Program%20Office%20Vision%20for%20Success%20-%20Two%20Years%20Later.pdf>
- Our World in Data (2020). Recuperado de <https://ourworldindata.org/technological-progress>
- Pokropivny, V., Löhmus, R., Nova, I., Pokropivny, A. & Vlassov, S. (2007). Introduction in nanomaterials and nanotechnology. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/299345334\\_Introduction\\_in\\_nanomaterials\\_and\\_nanotechnology](https://www.researchgate.net/publication/299345334_Introduction_in_nanomaterials_and_nanotechnology)
- PwC (2024). State of the Semiconductor Industry, Trends and drivers shaping the semiconductor landscape. Recuperado de <https://www.pwc.com/gx/en/industries/technology/state-of-the-semiconductor-industry-report.pdf>
- Raj Varadarajan (2021). Strengthening the Global Semiconductor Supply Chain in an Uncertain Era [video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=8acpON8Xyrg>
- SEMI (2021a). Semiconductor Materials - Robust Growth in 2020 with Strong Outlook Post COVID-19. Recuperado de [https://www.semi.org/en/blogs/business-markets/semiconductor-materials-outlook-covid19?mkt\\_tok=MzlwLVFCQi0wNTUAAAF810vzREfTUdJr\\_vp-FVGouOnSyJoj72DboUiyZHvMMZ6BwOmnwkwVPpRi03xQWb5-7r3cpmkrQpxTUiE6rFPZpaVsnaXLDNJOCz3Gpfa8](https://www.semi.org/en/blogs/business-markets/semiconductor-materials-outlook-covid19?mkt_tok=MzlwLVFCQi0wNTUAAAF810vzREfTUdJr_vp-FVGouOnSyJoj72DboUiyZHvMMZ6BwOmnwkwVPpRi03xQWb5-7r3cpmkrQpxTUiE6rFPZpaVsnaXLDNJOCz3Gpfa8)
- SEMI (2021b). Semiconductor equipment forecast to post industry high of \$100 billion in 2022. Recuperado de <https://www.semi.org/en/news-media-press/semi-press-releases/semiconductor-equipment-forecast-post-industry-high-%24100-billion-2022-semi-reports>
- SIA (2020). State of the US semiconductor industry. Recuperado de <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2020/07/2020-SIA-State-of-the-Industry-Report-FINAL-1.pdf>
- SIA (2021a). 2021 State of the U.S. semiconductor industry. Recuperado de <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/09/2021-SIA-State-of-the-Industry-Report.pdf>
- SIA (2021b). Global semiconductor sales increase 6.5% to \$439 billion in 2020. Recuperado de <https://www.semiconductors.org/global-semiconductor-sales-increase-6-5-to-439-billion-in-2020/>
- SIA (2024). State of the U.S. Semiconductor industry. Recuperado de <https://www.semiconductors.org/2024-state-of-the-u-s-semiconductor-industry/>
- SIA (2025). Wining the chips race. Recuperado de [https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2025/01/SIA\\_WINNING-THE-CHIP-RACE\\_2025.pdf](https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2025/01/SIA_WINNING-THE-CHIP-RACE_2025.pdf)
- Shih, S. (1992). Empowering technology—making your life easier. Acer's Report, Acer's, New Taipei.
- Sudonull (2013). Features of the transition from 300 mm to 450 mm silicon *wafers*. Recuperado de <https://sudonull.com/post/128170-Features-of-the-transition-from-300-mm-to-450-mm-silicon-wafers>
- Sumitomo Bakelite Co. (2015). Products. Recuperado de <https://www.sumibe.co.jp/english/product/it-materials/epoxy/sumikon-eme/>

- SWI (2021). Intel aumenta a 600 millones de dólares la inversión en planta de Costa Rica. Recuperado de [https://www.swissinfo.ch/spa/costa-rica-empresas\\_intel-aumenta-a-600-millones-de-d%C3%B3lares-la-inversi%C3%B3n-en-planta-de-costa-rica/46806126](https://www.swissinfo.ch/spa/costa-rica-empresas_intel-aumenta-a-600-millones-de-d%C3%B3lares-la-inversi%C3%B3n-en-planta-de-costa-rica/46806126)
- TH (2021). SMIC to Build China's Largest Fab For \$8.87 Billion. Recuperado de <https://www.tomshardware.com/news/smic-to-build-chinas-largest-fab>
- The White House (2021). Building resilient supply chains, revitalizing American manufacturing, and fostering broad-based growth, Recuperado de <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/06/100-day-supply-chain-review-report.pdf>
- Toshiba (2018). Toshiba Basic Knowledge of Discrete Semiconductor Devices. Recuperado de <https://toshiba.semicon-storage.com/us/semiconductor/knowledge/e-learning/discrete.html>
- TSMC (2020). TSMC Announces Intention to Build and Operate an Advanced Semiconductor Fab in the United States. TSMC News Archive. Recuperado de <https://pr.tsmc.com/english/news/2033>
- U.S. Citizenship and Immigration Services. (2021). Proceso de Registro Electrónico H-1B. Recuperado de <https://www.uscis.gov/es/trabajar-en-estados-unidos/trabajadores-temporales-no-inmigrantes/h-1b-para-profesionales-con-trabajos-especializados-de-investigacion-cooperativa-con-el-dod-y/proceso-de-registro-electronico-h-1b>
- WikiChip (s.f.). Technology Node. Recuperado de [https://en.wikichip.org/wiki/technology\\_node](https://en.wikichip.org/wiki/technology_node)
- World Semiconductor Trade Statistics (2021). The Worldwide Semiconductor market is expected to show an outstanding growth of 25.1 percent in 2021. Recuperado de <https://www.wsts.org/76/Recent-News-Release>
- Yole Développement (2020). Status of the Advanced Packaging Industry report. Recuperado de [http://www.yole.fr/iso\\_album/illus\\_status\\_advanced\\_packaging\\_technologyroadmap\\_yole\\_feb2021.jpg](http://www.yole.fr/iso_album/illus_status_advanced_packaging_technologyroadmap_yole_feb2021.jpg)

## ANEXO A: OTRAS REFERENCIAS

### Referentes de la empresa Intel

- <https://www.intel.la/content/www/xl/es/corporate-responsibility/community-global-sites.html>
- <https://www.intel.la/content/www/xl/es/architecture-and-technology/global-manufacturing.html>
- <https://www.statista.com/statistics/263559/intels-net-revenue-since-1999/>
- <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/Intel-breaks-ground-on-20bn-Arizona-chip-plants-in-battle-with-TSMC>
- <https://www.investopedia.com/articles/markets/100214/inside-intel-look-mega-chipmaker.asp>
- <http://maltiel-consulting.com/google-facebook-top-buyers-of-intel.html>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Intel>

### Referentes de la empresa Samsung

- <https://www.samsung.com/semiconductor/>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Samsung\\_Electronics](https://es.wikipedia.org/wiki/Samsung_Electronics)
- <https://www.youtube.com/watch?v=D4L1ldbQyLg>
- <https://semiwiki.com/semiconductor-manufacturers/samsung-foundry/7994-a-detailed-history-of-samsung-semiconductor/>
- <https://www.sammobile.com/news/samsung-lose-huawei-next-5-years/>

#### **Referentes de la empresa TSMC**

- <https://www.tsmc.com/english>
- <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-57081566>
- [https://www.theinformation.com/briefings/1883fe?utm\\_source=google&utm\\_medium=cp-c&utm\\_campaign=11543929116\\_112520154917&utm\\_content=477036477316&utm\\_term=d-sa-19959388920&gclid=Cj0KCQjwMCKBhDAARIsAG-2Eu9bkjqYLECWQfFDcOQCfz37so-faweu5s2CiCicdDGGK\\_75lwHA9QHsaAkJnEALw\\_wcB](https://www.theinformation.com/briefings/1883fe?utm_source=google&utm_medium=cp-c&utm_campaign=11543929116_112520154917&utm_content=477036477316&utm_term=d-sa-19959388920&gclid=Cj0KCQjwMCKBhDAARIsAG-2Eu9bkjqYLECWQfFDcOQCfz37so-faweu5s2CiCicdDGGK_75lwHA9QHsaAkJnEALw_wcB)
- <https://www.reuters.com/technology/chipmaker-tsmc-eyeing-expansion-planned-arizona-plant-sources-2021-05-04/>
- <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/TSMC-in-Arizona-Why-Taiwan-s-chip-titan-is-betting-on-the-desert>
- <https://www.cnbc.com/2021/06/04/why-intel-tsmc-are-building-water-dependent-chip-plants-in-arizona.html>
- <https://anysilicon.com/how-to-obtain-asic-full-turnkey-services-from-tsmc-and-global-foundries/>

#### **Referentes de la empresa SK hynix**

- <https://www.skhynix.com/>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/SK\\_Hynix](https://en.wikipedia.org/wiki/SK_Hynix)
- <https://www.nytimes.com/2020/10/19/business/intel-sk-hynix.html>

#### **Referentes de la empresa ASML**

- ASML Annual Report 2024
- <https://www.asml.com/en>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/ASML>
- [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/08/13/mercados/1628867762\\_419391.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/08/13/mercados/1628867762_419391.html)
- <https://www.youtube.com/watch?v=KOteMtLT9XI>

#### **Referentes de la empresa SMIC**

- <https://www.smics.com/en/>
- [https://www.youtube.com/watch?v=aL\\_kzMlqgt4](https://www.youtube.com/watch?v=aL_kzMlqgt4)
- <https://www.anandtech.com/show/13941/smics-14-nm-mass-production-in-1h-2019>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/SMIC>

#### **Referentes de la empresa *Global Foundries***

- <https://gf.com/>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/GlobalFoundries>

#### **Referentes de la empresa Micron**

- <https://www.micron.com/>
- <https://www.crucial.com/>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Micron\\_Technology](https://en.wikipedia.org/wiki/Micron_Technology)

#### **Referentes de la empresa Infineon**

- 2025 Company presentation

### Referentes de la empresa UMC

- <https://www.umc.com/en/home/Index>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/United\\_Microelectronics\\_Corporation](https://es.wikipedia.org/wiki/United_Microelectronics_Corporation)

### Referentes sobre materias primas

- <https://es.wikipedia.org/wiki/Colt%C3%A1n>
- [https://as.com/diarioas/2021/08/25/actualidad/1629916517\\_062741.html](https://as.com/diarioas/2021/08/25/actualidad/1629916517_062741.html)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated\\_device\\_manufacturer](https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_device_manufacturer)

### Referentes sobre otras empresas y organizaciones

- <https://www.marketresearchreports.com/blog/2019/04/24/top-10-osat-companies-world>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Foxconn>
- <https://www.design-reuse.com/news/49451/top-semiconductor-customers-in-2020.html>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_EDA\\_companies](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_EDA_companies)
- <https://www.src.org/about/>
- <https://semiengineering.com/brazil-paves-new-semiconductor-path/>
- <https://www.abisemi.org.br/abisemi/noticia/29/panorama-da-industria-de-semicondutores-no-brasil>
- <https://www.bnamericas.com/en/news/brazils-semiconductor-industry-expecting-big-hikes-in-capex-revenues>
- [https://icst.nctu.edu.tw/?page\\_id=2613&lang=en](https://icst.nctu.edu.tw/?page_id=2613&lang=en)
- <https://www.youtube.com/watch?v=isBYV6QWDIo>
- [https://www.youtube.com/watch?v=xO2pq2HeKQY&list=PLKtxx9TnH76Rxv5BOgJs\\_DHvI-HxlcPhfo](https://www.youtube.com/watch?v=xO2pq2HeKQY&list=PLKtxx9TnH76Rxv5BOgJs_DHvI-HxlcPhfo)
- [https://www.youtube.com/watch?v=\\_3h8Vwo8o\\_g](https://www.youtube.com/watch?v=_3h8Vwo8o_g)
- <https://www.wsts.org/>

## ANEXO B: ENTREVISTAS REALIZADAS

- Octavio R. Garza Fernández. Presidente, Silicon Border Development, experto del sector electrónico y de semiconductores. Entrevista por videoconferencia (Saúl De los Santos). 28 de julio, 2021
- Antonio Arroyo Pelayo. Ejecutivo de primer nivel de Skyworks Mexicana, experto en el sector electrónico y de semiconductores. Entrevista por videoconferencia (Saúl De los Santos). 29 de julio, 2021.
- Timothy Scott Hall, Government Affairs Director. Intel. Entrevista por videoconferencia. (Saúl De los Santos en conjunto con Eugenio Gordienko y staff de CINDE). 20 de septiembre, 2021.
- Román Caso Espinoza, Presidente Noroeste de la Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información. Entrevista telefónica (Saúl De los Santos). 22 de septiembre, 2021.
- Susan Helper, Profesora-Investigadora. Case Western Reserve University. Asesora Económica de la Casa Blanca. Entrevista por videoconferencia (Jorge Carrillo). 30 de septiembre, 2021.
- Bob Auer, Sr. Director Global Government Partnership. Timothy Scott Hall, Government Affairs Director. Intel. Entrevista por videoconferencia. (Saúl De los Santos en conjunto con Eugenio Gordienko y staff de CINDE). 1 de noviembre, 2021.

## **ANEXO C: LISTADO DE PROVEEDORES DE LA INDUSTRIA DE LOS SEMICONDUCTORES**

Fuente: <http://www.semiconductor-today.com/suppliers.shtml> (recuperado el 23 de diciembre de 2021)

### **1. Bulk crystal source materials**

- UMICORE INDIUM PRODUCTS
  - 50 Simms Avenue, Providence, RI 02902, EEUU
  - Tel: +1 401 456 0800
  - Fax: +1 401 421 2419
  - [eom.umicore.com/en/thin-film-products](http://eom.umicore.com/en/thin-film-products)
  
- UNITED MINERAL & CHEMICAL CORP
  - 1100 Valley Brook Avenue, Lyndhurst, NJ 07071, EEUU
  - Tel: +1 201 507 3300
  - Fax: +1 201 507 1506
  - [www.umccorp.com](http://www.umccorp.com)

### **2. Bulk crystal growth equipment**

- CYBERSTAR
  - 109 Rue Hilaire de Chardonnet
  - Technisud, 38100 Grenoble, France
  - Tel: +33 (0)4 76 49 65 60
  - E-mail: [cyberstar@cyberstar.fr](mailto:cyberstar@cyberstar.fr)
  - [www.cyberstar.fr](http://www.cyberstar.fr)

### **3. Substrates**

- AXT INC
  - 4281 Technology Drive, Fremont, CA 94538, EEUU
  - Tel: +1 510 438 4700
  - Fax: +1 510 353 0668
  - [www.axt.com](http://www.axt.com)
  
- FREIBERGER COMPOUND MATERIALS
  - Am Junger Loewe Schacht 5, Freiberg 09599, Germany
  - Tel: +49 3731 280 0
  - Fax: +49 3731 280 106
  - [www.fcm-germany.com](http://www.fcm-germany.com)
  
- KYMA TECHNOLOGIES INC
  - 8829 Midway West Road, Raleigh, NC, EEUU
  - Tel: +1 919 789 8880
  - Fax: +1 919 789 8881
  - [www.kymatech.com](http://www.kymatech.com)

- MARUWA CO., LTD.
  - 3-83, Minamihonjigahara-cho, Owariasahi,
  - Aichi 488-0044, Japan
  - Tel: +81 572 52 2317
  - <http://www.maruwa-g.com/e/products/ceramic/>
  - SUMITOMO ELECTRIC SEMICONDUCTOR MATERIALS INC
    - 7230 NW Evergreen Parkway, Hillsboro, OR 97124, EEUU
    - Tel: +1 503 693 3100 x207
    - Fax: +1 503 693 8275
    - [www.sesmi.com](http://www.sesmi.com)
  
- THE FOX GROUP INC
  - 200 Voyageur Drive, Montreal, Quebec H9R 6A8, Canada
  - Tel: +1 925 980 5645
  - Fax: +1 514 630 0227
  - [www.foxgroupinc.com](http://www.foxgroupinc.com)
  
- III/V-RECLAIM
  - Wald 10, 84568 Pleiskirchen, Germany
  - Tel: +49 8728 911 093
  - Fax: +49 8728 911 156
  - [www.35reclaim.de](http://www.35reclaim.de)
  
- TECDIA INC
  - 2700 Augustine Drive, Suite 110, Santa Clara, CA 95054 , EEUU
  - Tel: +1-408-748-0100
  - Fax: +1-408-748-0111
  - Contact Person: Cathy W. Hung
  - Email: [sales@tecdia.com](mailto:sales@tecdia.com)
  - [www.tecdia.com](http://www.tecdia.com)
  
- WAFER TECHNOLOGY ADVERTWAFER TECHNOLOGY LTD
  - 34 Maryland Road , Tongwell, Milton Keynes ,
  - Bucks, MK15 8HJ, UK
  - Tel: +44 (0)1908 210444
  - Fax: +44 (0)1908 210443
  - [www.wafertech.co.uk](http://www.wafertech.co.uk)
  
- WAFER WORLD, INC.
  - 1100 Technology Place, Suite 104,
  - West Palm Beach, FL 33407, EEUU
  - Tel: +1-561-842-4441
  - Fax: +1-561-842-2677
  - E-mail: [sales@waferworld.com](mailto:sales@waferworld.com)
  - [www.waferworld.com](http://www.waferworld.com)

#### **4. Epiwafer Foundry**

- INTELLIGENT EPITAXY TECHNOLOGY INC
  - 1250 E Collins Blvd, Richardson,
  - TX 75081-2401, EEUU
  - Tel: +1 972 234 0068
  - Fax: +1 972 234 0069
  - www.intelliepi.com
  
- IQE ADVERT IQE PLC
  - Cypress Drive, St Mellons, Cardiff, CF3 0EG, Wales, UK
  - Tel: +44 29 2083 9400
  - Fax: +44 29 2083 9401
  - www.iqep.com
  
- OMMIC
  - 2, Chemin du Moulin B.P. 11, Limeil-Brevannes, 94453, France
  - Tel: +33 1 45 10 67 31
  - Fax: +33 1 45 10 69 53
  - www.ommic.fr
  
- SOITEC
  - Parc Technologique des Fontaines, Chemin des Franques, 38190 Bernin, France
  - Tel: + 33 (0)4 76 92 75 00
  - www.soitec.com
  
- THE FOX GROUP INC
  - 200 Voyageur Drive, Montreal, Quebec H9R 6A8, Canada
  - Tel: +1 925 980 5645
  - Fax: +1 514 630 0227
  - www.thefoxgroupinc.com
  
- VIGOVIGO SYSTEM S.A.
  - ul. Poznańska 129 /133, 05-850 Ożarów Mazowiecki, Poland
  - Tel: +48 22 733 54 10
  - Email: ent@vigo.com.pl
  - ent-epitaxy.com

#### **5. Deposition materials**

- NOURYON FUNCTIONAL CHEMICALS B.V.
  - Zutphenseweg 10, 7418 AJ Deventer, The Netherlands
  - Tel. +31 652 478554
  - hpmo.nouryon.com

- PRAXAIR ELECTRONICS
  - 542 Route 303, Orangeburg, NY 10962, EE.UU.
  - Tel: +1 845 398 8242
  - Fax: +1 845 398 8304
  - [www.praxair.com/electronics](http://www.praxair.com/electronics)

## **6. Deposition equipment**

- AIXTRON SE
  - Dornkaulstr. 2
  - 52134 Herzogenrath
  - Tel: +49 2407 9030 + 0 or individual extension
  - Fax: +49 2407 9030 + 40 or individual extension
  - [www.aixtron.com](http://www.aixtron.com)
  
- ETC (LPE SUBSIDIARY)
  - Via Falzarego, 8
  - 20021 Baranzate (Mi), Italy
  - Tel: +39 02 383 41 51
  - Fax: +39 02 383 06 118
  - [www.lpe-epi.com](http://www.lpe-epi.com)
  
- EVATEC AG
  - Hauptstrasse 1a
  - CH-9477 Trübbach, Switzerland
  - Tel: +41 81 403 8000
  - Fax: +41 81 403 8001
  - [www.evatecnet.com](http://www.evatecnet.com)
  
- LPE S.P.A.
  - Via Falzarego, 8 20021 Baranzate (Mi), Italy
  - Tel: +39 02 383 41 51
  - Fax: +39 02 383 06 118
  - [www.lpe-epi.com](http://www.lpe-epi.com)
  
- PLANSEE HIGH PERFORMANCE MATERIALS
  - 6600 Reutte, Austria
  - Tel: +43 5672 600 2422
  - [info@plansee.com](mailto:info@plansee.com)
  - [www.plansee.com](http://www.plansee.com)
  
- RIBER
  - 31 rue Casimir Périer, BP 70083, 95873 Bezons Cedex, France
  - Tel: + 33 (0) 1 39 96 65 00
  - Fax: + 33 (0) 1 39 47 45 62
  - [www.riber.com](http://www.riber.com)

- TEMESCAL, A DIVISION OF FERROTEC
  - 4569-C Las Positas Rd, Livermore, CA 94551, EEUU
  - Tel: 925 245-5817
  - Fax: 925 449-4096
  - www.temescal.net
  
- VEECO INSTRUMENTS INC
  - 100 Sunnyside Blvd., Woodbury, NY 11797, EEUU
  - Tel: +1 516 677 0200
  - Fax: +1 516 714 1231
  - www.veeco.com
  
- **7. Wafer processing materials**
  - KAYAKU ADVANCED MATERIALS INC.
    - 200 Flanders Road, Westborough, MA 01581 EEUU
    - Tel: 617-965-5511
    - kayakuum.com
  
  - PRAXAIR ELECTRONICS
    - 542 Route 303, Orangeburg, NY 10962, EEUU
    - Tel: +1 845 398 8242
    - Fax: +1 845 398 8304
    - www.praxair.com/electronics
  
  - VERSUM MATERIALS
    - 8555 S. River Parkway, Tempe, AZ 85284, EEUU
    - Tel: +1 602 282 1000
    - www.versummaterials.com
  
- **8. Wafer processing equipment**
  - EVATEC AG
    - Hauptstrasse 1a
    - CH-9477 Trübbach, Switzerland
    - Tel: +41 81 403 8000
    - Fax: +41 81 403 8001
    - www.evatecnet.com
  
  - EV GROUP
    - EVG advertDI Erich Thallner Str. 1, St. Florian/Inn, 4782, Austria
    - Tel: +43 7712 5311 0
    - Fax: +43 7712 5311 4600
    - www.EVGroup.com

- LOGITECH LTD
  - Erskine Ferry Road, Old Kilpatrick, near Glasgow, G60 5EU,
  - Scotland, UK
  - Tel: +44 (0) 1389 875 444
  - Fax: +44 (0) 1389 879 042
  - www.logitech.uk.com
  
- SPTS TECHNOLOGIES LTD
  - Ringland Way, Newport NP18 2TA, UK
  - Tel: +44 (0)1633 414000
  - Fax: +44 (0)1633 414141
  - www.spts.com
  
- SUSS MICROTEC AG
  - Schleissheimer Straße 90, 85748 Garching, Germany
  - Tel: +49 89 32007 0
  - Fax: +49 89 32007 162
  - www.suss.com
  
- SYNOVA SA
  - Ch. de la Dent d'Oche, 1024 Ecublens, Switzerland
  - Tel +41 21 694 35 00
  - Fax +41 21 694 35 01
  - www.synova.ch
  
- TECDIA INC
  - 2700 Augustine Drive, Suite 110, Santa Clara, CA 95054 , EEUU
  - Tel: +1-408-748-0100
  - Fax: +1-408-748-0111
  - Contact Person: Cathy W. Hung
  - Email: sales@tecdia.com
  - www.tecdia.com
  
- VEECO INSTRUMENTS INC
  - 100 Sunnyside Blvd., Woodbury, NY 11797, EEUU
  - Tel: +1 516 677 0200
  - Fax: +1 516 714 1231
  - www.veeco.com

## **9. Materials and metals**

- GOODFELLOW CAMBRIDGE LIMITED
  - Ermine Business Park, Huntingdon,
  - Cambridgeshire, PE29 6WR, UK
  - Tel: +44 (0) 1480 424800
  - Fax: +44 (0) 1480 424900
  - www.goodfellow.com/sctsdsl.asp

- PLANSEE HIGH PERFORMANCE MATERIALS
  - 6600 Reutte, Austria
  - Tel: +43 5672 600 2422
  - info@plansee.com
  - www.plansee.com
  
- TECDIA INC
  - 2700 Augustine Drive, Suite 110, Santa Clara,
  - CA 95054 , EEUU
  - Tel: +1-408-748-0100
  - Fax: +1-408-748-0111
  - Contact Person: Cathy W. Hung
  - www.tecdia.com
  
- **10. Gas and liquid handling equipment**
  - CAMBRIDGE FLUID SYSTEMS
    - 12 Trafalgar Way, Bar Hill, Cambridge CB3 8SQ, UK
    - Tel: +44 (0)1954 786800
    - Fax: +44 (0)1954 786818
    - www.cambridge-fluid.com
  
  - CS CLEAN SOLUTIONS AG
    - Fraunhoferstrasse 4, Ismaning, 85737, Germany
    - Tel: +49 89 96 24 00 0
    - Fax: +49 89 96 24 00 122
    - www.cs-clean.com
  
  - ENTEGRIS INC.
    - 129 Concord Road, Billerica, MA 01821, EEUU
    - Tel: +1 978 436 6500
    - Fax: +1 978 436 6735
    - www.entegris.com
  
  - IEM TECHNOLOGIES LTD
    - Fothergill House, Colley Lane, Bridgwater, Somerset TA6 5JJ, UK
    - Tel: +44 (0)1278 420555
    - Fax: +44 (0)1278 420666
    - www.iemtec.com
  
  - VBC VACUUM BARRIER CORPORATION
    - 4 Barten Lane, Woburn, MA 01801
    - Tel: 781-933-3570
    - Fax: 781-932-9428
    - www.vacuumbARRIER.com

- VERSUM MATERIALS
  - 8555 S. River Parkway, Tempe, AZ 85284, EEUU
  - +1 602 282 1000
  - www.versummaterials.com

## **11. Process monitoring and control**

- CONAX TECHNOLOGIES
  - 2300 Walden Avenue, Buffalo, New York 14225 EEUU
  - Tel: 1.800.223.2389
  - Tel: +1 716.684.4500
  - www.conaxtechnologies.com
  
- K-SPACE ASSOCIATES INC
  - 2182 Bishop Circle East, Dexter, MI 48130, EEUU
  - Tel: +1 734 426 7977
  - Fax: +1 734 426 7955
  - www.k-space.com
  
- LAYTECLAYTEC AG
  - Seesener Str. 10 - 13, 10709 Berlin, Germany
  - Tel: +49 30 89 00 55 0
  - Fax: +49 30 89 00 55 180
  - www.laytec.de
  
- VBC VACUUM BARRIER CORPORATION
  - 4 Barten Lane
  - Woburn, MA 01801
  - Tel: 781-933-3570
  - Fax: 781-932-9428
  - www.vacuumbARRIER.com

## **12. Inspection equipment**

- BRUKER
  - Oestliche Rheinbrueckenstrasse 49, Karlsruhe, 76187,
  - Germany
  - Tel: +49 (0)721 595 2888
  - Fax: +49 (0)721 595 4587
  - www.bruker.com
  
- KLA-TENCOR
  - 160 Rio Robles, Suite 103D, San Jose, CA 94538-7306, EEUU
  - Tel: +1 408 875-3000
  - Fax: +1 510 456-2498
  - www.kla-tencor.com

### **13. Characterization equipment**

- J.A. WOOLLAM CO INC
  - 645 M Street Suite 102, Lincoln, NE 68508, EEUU
  - Tel: +1 402 477 7501
  - Fax: +1 402 477 8214
  - [www.jawoollam.com](http://www.jawoollam.com)
  
- LAKE SHORE CRYOTRONICS INC
  - 575 McCorkle Boulevard, Westerville, OH 43082, EEUU
  - Tel: +1 614 891 2244
  - Fax: +1 614 818 1600
  - [www.lakeshore.com](http://www.lakeshore.com)

### **14. Chip test equipment**

- TEKTRONIX INC.
  - 14150 SW Karl Braun Drive, P.O. Box 500 Beaverton, OR 97077, EEUU
  - Tel: +1 440.248.0400
  - Fax +1 440.248.6168
  - [www.tek.com](http://www.tek.com)
  
- RIFF COMPANY INC
  - 1484 Highland Avenue, Cheshire, CT 06410, EEUU
  - Tel: +1 203-272-4899
  - Fax: +1 203-250-7389
  - [www.riff-co.com](http://www.riff-co.com)

### **15. Assembly/packaging materials**

- EPAK INTERNATIONAL INC
  - 4926 Spicewood Springs Road, Austin, TX 78759, EEUU
  - Tel: +1 512 231 8083
  - Fax: +1 512 231 8183
  - [www.epak.com](http://www.epak.com)
  
- GEL-PAK
  - 31398 Huntwood Avenue, Hayward, CA 94544, EEUU
  - Tel: +1 510 576 2220
  - Fax: +1 510 576 2282
  - [www.gelpak.com](http://www.gelpak.com)
  
- WAFER WORLD, INC.
  - 1100 Technology Place, Suite 104,
  - West Palm Beach, FL 33407, EEUU
  - Tel: +1-561-842-4441
  - Fax: +1-561-842-2677
  - [www.waferworld.com](http://www.waferworld.com)

## **16. Assembly/packaging equipment**

- PALOMAR TECHNOLOGIES INC
  - 2728 Loker Avenue West, Carlsbad, CA 92010, EEUU
  - Tel: +1 760 931 3600
  - Fax: +1 760 931 5191
  - [www.PalomarTechnologies.com](http://www.PalomarTechnologies.com)
  
- PI (PHYSIK INSTRUMENTE) L.P.
  - 16 Albert St . Auburn , MA 01501, EEUU
  - Tel: +1 508-832-3456,
  - Fax: +1 508-832-0506
  - [www.pi.ws](http://www.pi.ws)
  - [www.pi-usa.us](http://www.pi-usa.us)
  
- TECDIA INC
  - 2700 Augustine Drive, Suite 110, Santa Clara, CA 95054 , EEUU
  - Tel: +1-408-748-0100
  - Fax: +1-408-748-0111
  - Contact Person: Cathy W. Hung
  - Email: [sales@tecdia.com](mailto:sales@tecdia.com)
  - [www.tecdia.com](http://www.tecdia.com)

## **17. Assembly/packaging Foundry**

- QUIK-PAK
  - 10987 Via Frontera, San Diego, CA 92127, EEUU
  - Tel: +1 858 674 4676
  - Fax: +1 8586 74 4681
  - [www.icproto.com](http://www.icproto.com)

## **18. Chip Foundry**

- CST GLOBAL LTD
  - 4 Stanley Boulevard, Hamilton International Technology Park, Blantyre, Glasgow, G72 OBN, UK
  - Tel: +44 (0) 1698 722072
  - [www.cstglobal.uk](http://www.cstglobal.uk)
  
- UNITED MONOLITHIC SEMICONDUCTORS
  - Route departementale 128, BP46, ORSAY, 91401, France
  - Tel: +33 1 69 33 04 72
  - Fax: +33 169 33 02 92
  - [www.ums-gaas.com](http://www.ums-gaas.com)

## **19. Facility equipment**

- RENA TECHNOLOGIES NA
  - 3838 Western Way NE, Albany, OR 97321, EEUU
  - Tel: +1 541 917 3626
  - [www.rena-na.com](http://www.rena-na.com)
  
- VBCVACUUM BARRIER CORPORATION
  - 4 Barten Lane
  - Woburn, MA 01801
  - Tel: 781-933-3570
  - Fax: 781-932-9428
  - [www.vacuumbARRIER.com](http://www.vacuumbARRIER.com)

## **20. Facility consumables**

- PLANSEE HIGH PERFORMANCE MATERIALS
  - 6600 Reutte, Austria
  - Tel: +43 5672 600 2422
  - [info@plansee.com](mailto:info@plansee.com)
  - [www.plansee.com](http://www.plansee.com)
  
- W.L. GORE & ASSOCIATES
  - 401 Airport Rd, Elkton, MD 21921-4236, EEUU
  - Tel: +1 410 392 4440
  - Fax: +1 410 506 8749
  - [www.gore.com](http://www.gore.com)

