



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**La industria de circuitos integrados, una mirada en  
torno al conflicto económico y tecnológico de Estados  
Unidos y China.**

**TESIS**

Que para obtener el título de  
**Licenciada en Economía**

**P R E S E N T A**

Danitza Flora Jiménez Chalico

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Samuel Ortiz Velásquez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., marzo 2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a mi apreciada H. Facultad de Economía, me permito escribir unas breves líneas en las que quiero expresar mi gratitud por haberme proporcionado los elementos para mi crecimiento personal y académico del cual el día de hoy me siento orgullosa de pertenecer a ella como mi alma máter. En ella conocí a valiosas personas que ahora se volvieron parte importante de mi vida.

Al proyecto PAPIIT IA302620 “Las empresas chinas en la industria de autopartes y automóviles en México: condiciones actuales y perspectivas ante el Tratado México-Estados Unidos- Canadá (T-MEC)”, en el cual obtuve el apoyo para la realización, colaboración y aplicación de los conocimientos adquiridos. Agradezco a la DGAPA-UNAM la beca recibida.

Al Dr. Samuel Ortiz Velásquez, mi asesor, quiero expresar mi admiración y reconocimiento como el mejor profesor que tuve en la carrera, quien con sus clases y enseñanzas me permitió desarrollar un pensamiento de análisis más crítico, el cual considero invaluable. De igual manera, le agradezco la confianza depositada en mí para participar en innumerables proyectos, los cuales me brindaron una valiosa experiencia.

A mis sinodales, la Mtra. Rosa María García Torres, al Dr. Clemente Ruiz Durán, al Dr. Roberto Valencia Arriaga y al Mtro. Oscar León Islas, gracias por las observaciones realizadas a mi trabajo y aceptar la participación en la culminación de mis estudios de licenciatura.

A mi mamá Yunnuen, por el inmenso amor que me ha brindado toda la vida, por siempre creer en mí y ser mi soporte número uno en los momentos más difíciles, por siempre tener las palabras correctas en el momento indicado y saber que siempre contaré con ella. En especial quiero agradecerle por todos los esfuerzos y sacrificios realizados a lo largo de toda mi vida llegando a este punto de culminación de mis estudios de licenciatura. Te dedico este trabajo porque sin tí, esto no hubiera sido posible.

A mi papá por el apoyo brindado a lo largo de mi vida escolar. Gracias por heredarme los hábitos de estudio.

A mi abuelita Emma, por el cuidado y apoyo brindado desde mi infancia y por sus consejos que siempre me dio con amor, por acompañarme cuando lo necesitaba dándome sus muestras de cariño con caricias y bellas palabras, las cuales me ayudaron y llevaré siempre en mi memoria. Gracias por amarme tanto.

A Jorge Fernández, mi novio, amigo y compañero de vida, a quien admiro y valoro como persona y profesional, por siempre impulsarme y motivarme a seguir adelante, por ser parte de la inspiración de esta investigación, por guiarme y apoyarme en todo hasta concluir mi trabajo. Gracias por todo el amor que me das día con día.

A mi hermano Christopher, por todos esos buenos y malos momentos que pasamos juntos y que hoy nos permiten amarnos y saber que contamos el uno con el otro a pesar de la distancia. Gracias por el amor incondicional.

A mis amistades que siempre estuvieron apoyándome dentro y fuera de las aulas y se preocuparon por siempre impulsarme a seguir adelante hasta concluir esta etapa de mi vida: a Diana Muñoz por ser mi primer amiga, con quien más tengo recuerdos de la Facultad, a Raúl Ojendiz, que siempre resolvía todas mis dudas, a Alejandra Tafoya, a Marijose Herrera y Alejandro Vásquez por hacer feliz mi estancia en la Universidad. A mis amistades de toda la vida, Diana Milla, Gabriela Rincón, Alina Calvillo y Luis Valverde por ser una parte fundamental de mi vida. En especial, quiero agradecer a Verónica Gómez, quien además de ser mi confidente, siempre estuvo guíandome con sus consejos y experiencia durante todo el proceso de este trabajo. Agradezco la fortuna de tenerlos en mi vida.

Por ultimo, quiero agradecer a Bollo y Muskiz, mis perritos, compañeros de vida y amigos inseparables que estuvieron a lado mío durante toda la carrera y la realización de este trabajo.

*“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado, un esfuerzo total es una victoria completa”*

*Mahatma Gandhi*

## Índice

<b>Introducción</b>	<b>7</b>
<b>Capítulo 1. Enfoque de cadenas globales de valor</b>	<b>14</b>
1.1 Perspectiva del sistema mundo y antecedentes de cadena de valor	15
1.2 Definición de cadena de valor	17
1.3 Gobernanza y escalamiento económico	18
1.3.1 Gobernanza	18
Cadena productiva dirigida por el productor y dirigida por el comprador	18
Tipología de gobernanza quintuple	19
1.3.2 Escalamiento económico	22
Relación entre escalamiento y desarrollo económico	23
1.4 Cadenas de valor en una etapa post Consenso de Washington	27
1.5 Conclusiones preliminares	28
<b>Capítulo 2. La industria global de circuitos integrados</b>	<b>30</b>
2.1 Invención de los circuitos integrados	30
2.2 Tipos de circuitos integrados	32
2.2.1 Clasificación arancelaria	32
2.2.2 Aplicación en otras industrias	33
2.3 Cadena global de valor de circuitos integrados	34
2.3.1 Modelos de negocio	35
2.3.2 Primera etapa: investigación más desarrollo	36
2.3.3 Segunda etapa: diseño	37
Proveedores de software de diseño y propiedad intelectual	39
Tendencias tecnológicas	40
2.3.4 Tercera etapa: manufactura/fabricación	41
Proveedores de equipo de fabricación	43
Proveedores de obleas puras	44
Proveedores de materiales químicos	44
2.3.5 Cuarta etapa: ensamblaje, prueba y embalaje	45
Proveedores de equipo de ensamblaje y materiales químicos	47

2.3.6 ¿En qué segmentos se genera el valor agregado?	49
2.3.7 Estilo de gobernanza	51
2.4 Conclusiones preliminares	52
<b>Capítulo 3. Tendencias de la industria de circuitos integrados en el mundo</b>	<b>54</b>
3.1 Mercado global	55
3.1.1 Estados Unidos	55
3.1.2 Corea del Sur	55
3.1.3 Taiwán	56
3.1.4 Japón y Europa	57
3.1.5 China	57
3.1.6 Escasez global de circuitos integrados	58
3.2 Comercio	60
3.3 Valor agregado	62
3.4 La industria de circuitos integrados en México	64
3.5 Conclusiones preliminares	70
<b>Capítulo 4. Los planes de Estados Unidos y China en circuitos integrados</b>	<b>71</b>
4.1 Las bases del conflicto entre Estados Unidos y China	72
4.2 Proyecto Hecho en China 2025	74
4.2.1 Plan Nacional de Circuitos Integrados	75
Fondos gubernamentales	75
Inversión extranjera directa	78
4.2.2 China: XIV Plan Quinquenal (2021-2025)	80
4.2.3 Iniciativa de la Franja y la Ruta	82
4.3 La propuesta de Estados Unidos para competir con China	83
4.3.1 <i>CHIPS for America</i> y <i>American Foundries</i>	84
4.3.2 Controles de exportación	87
4.3.3 Selección de inversión extranjera directa	89
4.4 Conclusiones preliminares	90
<b>Conclusiones generales</b>	<b>92</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>97</b>

## Lista de figuras

Figura 1. Tipos de gobernanza en CGV	22
Figura 2. Curva de la sonrisa	22
Figura 3. Etapa de ensamblaje de un CI	46
Figura 4. Flujo de proceso y valor agregado generado en la CGV de CI (2019)	49
Figura 5. México: industria de componentes electrónicos (2018)	66

## Lista de cuadros

Cuadro 1. Clasificación arancelaria de los CI según el SA	33
Cuadro 2. Aplicación de los CI en otras industrias	34
Cuadro 3. Tendencias tecnológicas en la CGV de CI	40
Cuadro 4. Principales empresas de la industria de CI con respecto a sus ventas (miles de millones de dólares y % mercado)	58
Cuadro 5. Principales importadores y exportadores de CI (miles de millones de dólares y % comercio)	61
Cuadro 6. México: indicadores de la industria de componentes electrónicos (2003-2018)	65
Cuadro 7. México: exportaciones e importaciones de CI (2000-2019) (millones de dólares y % del total)	69
Cuadro 8. China: campeones nacionales en CI	77
Cuadro 9. China: requisitos que deben cumplir las empresas de CI para obtener apoyo del gobierno	81
Cuadro 10. Estados Unidos: anuncios de inversión de fabricantes de CI	87
Cuadro 11. Estados Unidos: Lista negra del Departamento de Comercio, el caso Huawei	88

## Lista de gráficos

Gráfico 1. Participación en diseño de CI por sede de la matriz (2019)	38
Gráfico 2. Participación en software EDA y PI por sede de la matriz (2019)	39
Gráfico 3. Participación en fabricación de CI por sede de la matriz (2019)	42
Gráfico 4. Participación en equipo de fabricación por sede de la matriz (2019)	43
Gráfico 5. Participación en producción de obleas puras por sede de la matriz (2019)	44
Gráfico 6. Participación en suministro de materias primas por sede de la matriz (2019)	45
Gráfico 7. Participación en ensamblaje, prueba y embalaje de CI por sede de la matriz (2019)	47
Gráfico 8. Participación en equipo de ensamblaje, prueba y embalaje por sede de la matriz (2019)	48
Gráfico 9. Distribución del valor agregado en la CGV de CI por sede de la matriz (2019)	51
Gráfico 10. Valor agregado por economía en la industria global de CI (2001 a 2016) (millones de dólares)	64
Gráfico 11. China: principales inversionistas del Fondo Nacional de CI	76

## Introducción

En la actualidad, la forma en cómo se lleva a cabo el comercio internacional se atribuye a la aparición de las cadenas globales de valor (CGV). Éstas se caracterizan por la fragmentación y dispersión de los procesos de producción alrededor del mundo, generando una división internacional del trabajo basada en la interconexión de redes productivas.

Esto ha sido posible debido a las asimetrías entre las estructuras productivas de cada economía y que han traído como consecuencia la existencia de países con distintas capacidades. Por un lado, los países desarrollados o pertenecientes al centro se identifican con la gestión y organización del conocimiento tecnológico, mientras que los países de la periferia o en desarrollo quedan rezagados en este ámbito e interactúan principalmente con la aportación de una barata y abundante mano de obra.

Por esta razón es que, mediante nuevos modelos de negocio o formas de producción, las empresas transnacionales han distribuido de forma estratégica sus operaciones alrededor del mundo, es decir, cada una de las actividades que conlleva la creación del bien o servicio que producen. De acuerdo con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, por sus siglas en inglés), alrededor del 80% del comercio mundial se basa en CGV.

Con su surgimiento, la interdependencia económica entre los países se elevó y esto se manifiesta en el aumento del comercio de bienes y servicios intermedios. De hecho, alrededor del 60% del comercio mundial se relaciona con el comercio de bienes y servicios intermedios requeridos en las distintas etapas de la producción (UNCTAD, 2013).

Por lo tanto, se entiende que el auge de las cadenas de valor es más factible en productos industriales que se caracterizan por ser bienes intermedios. Un ejemplo es la industria electrónica, ya que es posible la separación del proceso productivo sin tener gran complicación.

Tal es el caso de los circuitos integrados (CI) o también llamados semiconductores, microchips o chips, debido a que su cadena de valor es de las más dinámicas, interconectadas y dispersas del mundo (Varas *et al.*, 2021; SIA y Nathan Associates, 2016; Millard *et al.*,



2012). Esto es porque cuenta con alrededor de 25 países que participan de manera directa y en promedio 23 países se involucran en actividades de apoyo. Incluso, los componentes de un CI llegan a cruzar más de 70 veces las fronteras internacionales y recorrer más de 40,000 km antes de llegar al consumidor final (Alam *et al.*, 2020).

A partir de la creación de los CI en 1958, su producción ha sido considerada uno de los pilares de las actividades manufactureras a nivel mundial y del crecimiento económico global, ya que sin ella no se lograrían los 3 billones de dólares que genera la industria electrónica (SIA, 2019). Dentro del sector manufacturero, la producción de CI es una de las que más ingresos genera, porque tan sólo en 2019 tuvo ingresos de 333 mil millones de dólares y en los últimos 20 años ha crecido a una tasa promedio anual de 5% (Kleinhans y Baisakova, 2020; SIA, 2020).

La industria de CI se considera impulsora de otras, ya que su innovación se llega a trasladar a otras industrias de las cuales son bienes intermedios, tales como la industria automotriz o aeroespacial. Es decir, su producción es relevante porque promueve el desarrollo de otros sectores de alto valor agregado. Prácticamente, en cualquier sector de la economía se ven involucrados equipos electrónicos cuyas capacidades provienen del empleo de los CI.

En este contexto, se puede inferir que los CI son el principal producto de la industria electrónica y un componente crítico para la economía en su conjunto. Esto se ve reflejado con las cifras de comercio, ya que de acuerdo con el Observatorio de Complejidad Económica (OEC, por sus siglas en inglés), el monto al cual ascendió el comercio de CI en 2019 fue de aproximadamente 614 mil millones de dólares, posicionándolos como el cuarto producto más comercializado después del petróleo crudo, los automóviles y el petróleo refinado. Otro dato que refleja la importancia de los CI es que, aproximadamente 120 países participan en el comercio como exportadores o importadores (SIA, 2020).

Asimismo, la demanda global de CI tiene una expectativa de crecimiento promedio anual de 5% durante los próximos 10 años (SIA, 2020). Por ello se tiene la expectativa de que la capacidad global de fabricación de CI aumente alrededor de 50% del 2020 al 2030 (Varas

*et al.*, 2020). Esto se relaciona con el avance de las tecnologías disruptivas<sup>1</sup>, que va de la mano con la digitalización de los procesos industriales o también llamada Industria 4.0, ya que contribuirá al aumento de la demanda de CI en el mediano y largo plazo con el fin de lograr avances tecnológicos en otras industrias, por ejemplo, los autos híbridos o eléctricos.

Las tecnologías disruptivas a las que se hace referencia son las siguientes (OCDE, 2020, 2019, 2018; OCDE y Allianz, 2005):

- i. Internet de las Cosas. El uso del Internet para la interconexión de objetos de uso diario.
- ii. Inteligencia Artificial. Sistema que puede realizar predicciones, recomendaciones o toma de decisiones con base en objetivos previamente definidos.
- iii. Automatización. Realización de tareas con la ayuda de la inteligencia artificial para lograr incrementar la eficiencia de la producción.
- iv. Nanotecnología. Creaciones tecnológicas desarrolladas a escala nanométrica para múltiples aplicaciones en diferentes industrias.
- v. Red 5G. La quinta generación de tecnología de comunicación inalámbrica con velocidades de descarga 200 veces más rápida que la red 4G y la posibilidad de que más dispositivos estén conectados al mismo tiempo.
- vi. Computación cuántica. Máquinas programables capaces de realizar tareas específicas de forma más rápida que las computadoras tradicionales.

Por tal razón, la innovación es esencial dentro de la industria de CI y el proceso de su elaboración es de los más intensivos en conocimiento que existen. Se puede decir que esta industria está en constante progreso para lograr avances tecnológicos, por lo que se vuelve una competencia a nivel global. Por ello, se puede decir que el impacto de estas transformaciones tecnológicas está definiendo la forma en que se relaciona el mundo.

En palabras de John Neuffer, presidente de la Asociación de la Industria de Semiconductores (SIA, por sus siglas en inglés), *“el país que lidere la investigación, el diseño y la fabricación de chips avanzados tendrá una gran ventaja en la carrera global para implementar el despliegue de las tecnologías disruptivas”*. Los CI son la base de las

---

<sup>1</sup> Entiéndase por tecnologías disruptivas a las tecnologías que están cambiando la forma de producir, hacer negocios, el consumo y la comunicación.

tecnologías modernas, dando cuenta que los actores económicos que lideren este mercado serán quienes dominen la Cuarta Revolución Industrial, es decir, el futuro de la economía global.

Por consiguiente, el auge tecnológico de China y sus intenciones de convertirse en un líder en innovación para avanzar en cadenas de alto valor agregado como la de CI, es uno de los trasfondos del conflicto con Estados Unidos, porque este país no está dispuesto a ceder su hegemonía en las tecnologías modernas, que al mismo tiempo depende de los CI, conforme nos adentramos a la era de la digitalización (Rosales, 2020).

Por esta razón es que, Estados Unidos restringió en 2019 las exportaciones de software de automatización de diseño electrónico (EDA, por sus siglas en inglés), de propiedad intelectual (PI) y de equipo de fabricación de CI a la empresa china Huawei y a su subsidiaria de diseño HiSilicon (Kleinhans y Baisakova, 2020). Así como posteriormente lo hicieron con SMIC, el fabricante de CI más grande de China. El interés de Estados Unidos es que estas empresas no tengan acceso a tecnología de vanguardia que les permita crear CI avanzados, que son los que requieren las tecnologías modernas (Kharpal, 2021).

Las tensiones entre Estados Unidos y China han originado que, tanto países como empresas, se cuestionen las posiciones en las que se encuentran dentro de la CGV de CI (Varas *et al.*, 2020). Incluso, la escasez actual de CI no se debe únicamente al repentino aumento de la demanda de bienes electrónicos por el confinamiento que trajo la COVID-19, sino que también es un daño colateral del conflicto entre ambas naciones (CEPAL, 2021).

Por tal motivo, la actual coyuntura de la industria global de CI ha reforzado el pensamiento de autosuficiencia y planteado que la intervención del Estado es la vía para ganar la competencia tecnológica. En la producción de CI, China aspira a ser el centro manufacturero más grande a nivel mundial y Estados Unidos busca regresar la fabricación a su país (The Economist, 2021).

Con base en lo anterior, la pregunta central que se pretende responder en esta investigación es la siguiente: ¿cuáles son los elementos que tipifican a la CGV de CI y que

están definiendo la disputa tecnológica entre Estados Unidos y China por la producción de CI?

### **Hipótesis y objetivos:**

Por consiguiente, la hipótesis que guía esta investigación es que la CGV de CI presenta un tipo de gobernanza relacional y se caracteriza por sus elevadas barreras a la entrada, *v.gr.* altos montos de capital, alta inversión en investigación más desarrollo (I+D), superioridad tecnológica, conocimiento de técnicas avanzadas y el control de las tecnologías en ciertas empresas. Todo lo cual la convierten en una cadena de valor altamente concentrada, interdependiente y especializada en ciertos segmentos, lo que conlleva a una inevitable colaboración entre los actores económicos participantes.

Dadas las características de la CGV de CI, una hipótesis asociada es que la disputa entre Estados Unidos y China por la producción de CI significará en el largo plazo un reacomodo de la industria global que les permita reducir la dependencia mutua como, por ejemplo, acortar la cadena de valor por medio de alianzas estratégicas.

El objetivo central de esta investigación consiste en realizar un diagnóstico detallado de la industria de CI desde una perspectiva de CGV en el mundo, Estados Unidos y China. Asimismo, identificar el papel que desempeña México en esta industria.

Los objetivos específicos son los siguientes: i) generar un marco analítico que permita estudiar la industria global de CI desde un enfoque de CGV; ii) examinar las características de CGV de CI para identificar el tipo de gobernanza y la posibilidad de escalamiento; iii) resaltar la participación de los principales actores económicos de la CGV de CI, destacando a Estados Unidos y China; iv) analizar las características de la industria mexicana de CI; v) contrastar las estrategias de Estados Unidos y China para ganar autonomía en la producción de CI.

### **Estructura capitular**

En el capítulo 1 se desarrollan los aspectos conceptuales del enfoque de CGV como marco analítico de esta investigación, el capítulo se divide en cinco secciones. En la primera sección se presentan algunos antecedentes a partir de la perspectiva del sistema-mundo de Wallerstein para comprender el desarrollo del capitalismo como economía mundial basado

en la división internacional del trabajo con el objetivo de entender la dinámica entre los países desarrollados y en desarrollo. En la sección dos se define el concepto de cadena de valor para entender que las redes de producción se organizan de una manera tal de desagregación que la organización industrial alcanza una escala global y sus efectos se reflejan en las empresas, industrias y países donde se localizan. En la sección tres se hace referencia al concepto de gobernanza, así como su tipología para comprender el funcionamiento y los vínculos que se generan en las cadenas de valor. Se desglosan los conceptos de escalamiento económico y curva de la sonrisa para poder entender la relación de las CGV con el desarrollo económico de los países que participan de la segmentación internacional y se destaca que la respuesta a la dinámica de las CGV es la competitividad sistémica de los territorios. En la sección cuatro, se considera a las CGV en una etapa post Consenso de Washington y se comenta la relevancia que ha tomado la política industrial en las economías desarrolladas y en desarrollo durante los últimos años. En la sección cinco se presentan las conclusiones preliminares.

En el capítulo 2 se analiza ampliamente a la industria global de CI desde un enfoque de cadenas de valor. El capítulo se estructura en cuatro secciones. En la sección uno se presenta a nivel conceptual la definición y características de un CI. En la sección dos se desglosan los tipos de CI, su clasificación arancelaria y se menciona su uso multisectorial. En la sección tres se hace una descripción minuciosa de la CGV que nos ocupa, con base en cuatro criterios: i) identificación de los modelos de negocio en los que se basan las empresas de la industria y su razón de ser; ii) etapas de la cadena de valor (I+D, diseño, fabricación o manufactura, ensamblaje, prueba y embalaje); iii) con base en lo anterior, se responde la pregunta: ¿en qué segmentos se genera realmente el valor agregado?; iv) finalmente se identifica el estilo de gobernanza que tipifica la cadena de valor. La sección cuatro presenta las conclusiones preliminares.

En el capítulo 3 se identifican las principales tendencias de la industria mundial de CI y las características de la industria mexicana que nos ocupa. El capítulo se divide en cinco secciones. En la primera sección se hace referencia a los principales actores económicos en términos de ventas mundiales, gasto en I+D y bienes de capital. Posteriormente, se muestra la coyuntura del desabasto de CI que presenta el mercado global. En la sección dos se analizan las exportaciones e importaciones de CI para identificar qué países dominan su comercio. En

la sección tres, se expone el valor agregado generado por país para identificar qué economías han fortalecido su industria nacional. En la sección cuatro, se detallan las características de la industria de CI en México a partir de diversos indicadores como producción, empleo, inversión, valor agregado de exportación, entre otros. Después, se comenta sobre la falta de producción nacional de CI y se respalda con el comercio exterior que realiza México. La sección cinco presenta las conclusiones preliminares.

En el capítulo 4 se discuten los planes de Estados Unidos y China para ganar autonomía en la producción de CI. El capítulo se estructura en cuatro secciones. En la primera parte, se exponen las bases del conflicto tecnológico entre Estados Unidos y China. En la segunda sección se presentan los planes de China para convertirse en el principal centro manufacturero de CI. Para ello: i) se exponen las estrategias de desarrollo industrial que se llevan a cabo desde que el presidente Xi Jinping asumió el poder en 2013, con énfasis en el Proyecto Hecho en China 2025, el Plan Nacional de CI, el XIV Plan Quinquenal (2021-2025) y la Iniciativa de la Franja y la Ruta; iii) se discute la puesta en marcha de estos proyectos reflejados en fondos gubernamentales, inversión extranjera directa (IED) y los campeones nacionales. En la tercera sección, se detalla el plan de acción de la administración estadounidense encabezada por el presidente Biden para competir con China. Para ello: i) se exponen dos iniciativas de política como respuesta a los objetivos chinos, las cuales son *CHIPS for America* y *American Foundries*; ii) se detallan los controles de exportación que el gobierno está aplicando a ciertas empresas chinas; iii) se describe el endurecimiento de la selección de inversión extranjera directa (IED) como mecanismo para frenar el avance chino. En la cuarta sección se presentan las conclusiones preliminares.

Con base en los capítulos anteriores, la última parte de la tesis presenta conclusiones generales en torno a las hipótesis del trabajo.

## **Capítulo 1. Enfoque de cadenas globales de valor**

La manera en que se relacionan las economías y las empresas se ha ido transformando con el paso del tiempo, sin embargo, se aceleró con el proceso de globalización económica<sup>2</sup> iniciado en la década de 1970 y agudizado durante los años 80's. Este término hace referencia al aumento de la actividad económica a nivel mundial, la cual puede presentarse principalmente como comercio exterior, IED y flujos de capital. La globalización ha permitido la conexión entre territorios, la integración del comercio y la segmentación internacional de la producción (SIP) gracias a la aparición de las CGV. Ahora los actores económicos se especializan en ciertas etapas del proceso productivo, donde cada economía aporta parte del valor del bien que se está produciendo.

Debido a la relevancia de las cadenas de valor, en este capítulo se desarrollan los aspectos conceptuales del enfoque de CGV con el objetivo de generar un marco analítico para la presente investigación. Para ello, el capítulo se divide en cinco secciones. En la primera sección se presentan algunos antecedentes a partir de la perspectiva del sistema-mundo de Wallerstein, la cual toma como base la visión centro-periferia de Prebisch, para comprender el desarrollo del capitalismo como economía mundial basado en la división internacional del trabajo con el objetivo de entender la dinámica entre los países desarrollados y en desarrollo.

En la sección dos se define el concepto de cadena de valor para entender que las redes de producción se organizan de una manera tal de desagregación que la organización industrial alcanza una escala global y sus efectos se reflejan en las empresas, industrias y países donde se localizan. En la sección tres se hace referencia al concepto de gobernanza, así como su tipología para comprender el funcionamiento y los vínculos que se generan en las cadenas de valor. Se desglosan los conceptos de escalamiento económico para poder entender la relación de las CGV con el desarrollo económico de los países que participan de la segmentación internacional y se destaca que la respuesta a la dinámica de las CGV es la competitividad sistémica de los territorios.

En la sección cuatro, se considera a las CGV en una etapa post Consenso de Washington y se comenta la relevancia que ha tomado la política industrial en las economías

---

<sup>2</sup> De aquí en adelante se mencionará únicamente como globalización.

desarrolladas y en desarrollo durante los últimos años. En la sección cinco se presentan las conclusiones preliminares.

### **1.1 Perspectiva del sistema mundo y antecedentes de cadena de valor**

Una vez expuesto lo anterior, vale la pena repasar el significado de ciertos conceptos. Como precedente del término “CGV”, autores como Hopkins y Wallerstein (1986) se apoyaron de la perspectiva del sistema-mundo, la cual toma como base la visión centro- periferia de Prebisch, para explicar que en el mundo existe la división axial del trabajo.

La concepción de Prebisch busca explicar las características que toma el desarrollo económico, el cual hace referencia al *“aumento del bienestar material, normalmente reflejado en el alza del ingreso real por habitante, y condicionado por el incremento de la productividad del trabajo”* (Rodríguez, 2006: 54). Este proceso depende del incremento de la división técnica del trabajo impulsado por los avances tecnológicos, ya que conlleva una mayor densidad de capital. Esto es posible porque el progreso técnico es fundamental para alcanzar la acumulación, así como su persistencia.

En este sentido, los centros se caracterizan por ser economías desarrolladas con productos más avanzados que les permiten obtener rentas con alto grado de monopolización, gracias a que es donde se encuentran primero las técnicas capitalistas de producción. Mientras que las periferias tienden a producir productos estandarizados porque se encuentran rezagadas en cuanto a su aprendizaje organizativo y tecnológico, lo cual se refleja en menores ganancias. Por lo que, al hablar de centro o periferia se hace alusión a los procesos productivos de los países (Wallerstein, 2004).

Por un lado, el progreso técnico se genera y expande rápidamente a todo el aparato productivo de los países del centro, mientras que en la periferia penetra únicamente en las actividades afines con la exportación, dejando rezagados a los demás sectores. El modelo IOE caracteriza a la periferia por ser unilateralmente desarrollada con un sector exportador y un aumento de la demanda de bienes y servicios que no se pueden producir internamente, tales como los bienes de capital, los cuales se satisfacen por medio de las importaciones. Por ende, la estructura productiva del centro es diversificada y homogénea, en tanto la de la periferia es especializada y heterogénea (Rodríguez, 2006).



Este contraste estructural marca la división internacional del trabajo, donde el centro se encarga de producir los bienes industriales que requieren procesos de alta tecnología, mientras que la periferia produce los bienes de baja tecnología. A su vez, esta diferenciación termina incidiendo en el bajo crecimiento de la productividad del trabajo de la periferia frente a la del centro.

Por tal razón, nos encontramos ante el intercambio desigual como resultado de un flujo de valor excedente dirigido hacia el centro. Por consiguiente, los ingresos medios de la periferia crecen menos que en el centro, ya que derivan de la desigualdad entre las estructuras productivas y, al mismo tiempo, la diferenciación de los ingresos medios influye en el rezago estructural de la periferia (Rodríguez, 2006).

La relación centro-periferia, definida como el grado de capacidad de ganancia de los procesos de producción, ha sido el resultado de la manera en que el progreso técnico se ha extendido por la economía mundial capitalista. Este último término hace referencia al sistema que da prioridad a la continua e interminable acumulación de capital, tal como el sistema mundial actual (Wallerstein, 2004).

En el mismo marco, Hopkins y Wallerstein proponen el concepto de encadenamientos mercantiles y lo definen como *“una red de procesos de trabajo y producción cuyo resultado último es un producto terminado”* (1986: 159), el cual es el antecedente inmediato del enfoque de CGV. Este concepto hace referencia a todas las relaciones necesarias entre los actores económicos para la creación de un bien, por lo que se destaca la importancia de describir cada eslabón de la cadena productiva para saber cómo se integran y van transformando los procesos de producción.

Posteriormente, Gereffi y Korzeniewicz (1994) añaden una categoría al estudio del sistema-mundo, la cual se denomina semi-periferia. Ésta se caracteriza por tener una combinación de actividades particulares de la periferia y, a su vez, del centro. El hecho de que existan países de la periferia y del centro les da la oportunidad a las economías de la semi-periferia *“de resistir la periferización explotando su ventaja de ingresos frente a los estados periféricos y su ventaja de costos frente a los estados centrales”* (Arrighi y Drangel, 1986: 26-27).

De las mayores aportaciones de Gereffi y Korzeniewicz es que utilizan el concepto de encadenamientos mercantiles globales para darle un significado más desarticulado a la relación centro-periferia (v.gr. a nivel de productos, industrias, países o regiones). Esto es porque explican que el aumento de la producción de bienes manufacturados forma parte de una red tan dispersa, especializada y con nuevas formas de organización, que incluye tanto productos y técnicas del centro como de la periferia al mismo tiempo. Dicho de otra manera, *“el capitalismo actual implica la desagregación detallada de las etapas de producción y consumo a través de las fronteras nacionales, bajo la estructura organizativa de firmas o empresas densamente interconectadas”* (Gereffi y Korzeniewicz, 1994: 2).

## **1.2 Definición de cadena de valor**

Continuando con lo anterior, estos autores se basan en Hopkins y Wallerstein (1986) para delimitar los pasos a seguir que conforman los encadenamientos mercantiles globales. Se debe comenzar con el bien final e ir retrocediendo hasta llegar a los insumos que requiere la elaboración del producto, es decir, partir de adelante hacia atrás. Una vez que se conocen los nodos que forman una cadena, se debe de identificar lo siguiente (Gereffi, 2001):

- i. Ubicar el poder que ejercen o han ejercido las principales empresas de cada eslabón de la cadena productiva.
- ii. Identificar la coordinación a lo largo de la cadena productiva.
- iii. Evaluar el aprendizaje organizativo como un medio por el cual las empresas busquen escalar o mantenerse dentro de la cadena productiva.
- iv. Una dimensión territorial del análisis.

De manera general, al relacionar estos cuatro pasos se llega a la noción de cadena de valor, entiéndase como el *“proceso mediante el cual la tecnología se combina con insumos materiales y laborales, y luego los insumos procesados se ensamblan, comercializan y distribuyen. Una empresa puede constar de un eslabón en este proceso o puede estar integrada en gran medida”* (Kogut, 1985: 15). Debido a esto, el planteamiento se transforma ya del estudio de los encadenamientos mercantiles a las CGV con el fin de que haga referencia al valor agregado.

Para Gereffi *et al.* (2005), la clave es identificar las actividades y tecnologías que internaliza una empresa, y las que decide externalizar a otras empresas, así como responder

el por qué y en qué lugar decide ubicarlas. Esto se relaciona con el hecho de que la organización de la producción a nivel global se caracteriza por estar fuertemente fragmentada debido a que las actividades de los procesos productivos pueden estar dispersas internacionalmente creando redes de producción que traspasan las fronteras nacionales.

### **1.3 Gobernanza y escalamiento económico**

Debido a que la organización industrial alcanza una escala global, sus efectos se ven reflejados tanto en las empresas como en las industrias y los países en donde se encuentran. De esta manera, Gereffi *et al.* (2005) mencionan que el enfoque de CGV toma como conceptos fundamentales la gobernanza y el escalamiento económico, puesto que se analiza la forma y organización de las redes globales de producción, así como busca responder a las preguntas del cómo y por qué las economías avanzan o no hacia una mejor posición dentro de la economía mundial.

#### **1.3.1 Gobernanza**

El término gobernanza es fundamental para entender el funcionamiento de las CGV, ya que hace referencia a la manera en que las empresas líderes ejercen el poder corporativo para “*configurar la distribución de beneficios y riesgos en una industria*” (Gereffi, 2018: 14). Como no todos los bienes producidos son iguales, entonces las cadenas productivas van a cambiar dependiendo del tipo de bien y, por ende, también será diferente su estructura organizacional.

#### **Cadena productiva dirigida por el productor y dirigida por el comprador**

En sus primeros trabajos, Gereffi (1994) identificó dos tipos de redes productivas dentro de la economía global, las cuales se conocen como cadenas productivas dirigidas por el productor y comprador.

Las cadenas productivas dirigidas por el productor hacen referencia al papel central que tienen los grandes fabricantes, ya que son quienes coordinan toda la cadena productiva, desde los vínculos hacia atrás (proveedores de materias primas o componentes) hasta los vínculos hacia delante (distribuidores y comercializadores). Se caracterizan por ser intensivas en capital industrial y tecnología, necesitar altos montos de I+D, estar integradas

verticalmente y que las empresas líderes suelen ser las multinacionales pertenecientes a oligopolios globales.

Por otro lado, las cadenas productivas dirigidas por el comprador hacen alusión a la importancia que tienen los grandes compradores globales y los comercializadores de marca en impulsar la formación de redes de producción descentralizadas. La fabricación suele estar a cargo de contratistas que normalmente son empresas locales de economías en desarrollo que realizan los pedidos de los grandes comerciantes. En este tipo de cadenas, Gereffi (1994) encontró que las grandes empresas no tienen la responsabilidad de los procesos de fabricación, sino que se encargan de vincular a las fábricas con los comercializadores en otros países y los mercados de consumo. Se caracterizan por estar integradas de manera horizontal, basarse en el comercio y contar con competencia entre las marcas.

Gereffi (1994) menciona que la principal diferencia es que las ganancias de las cadenas productivas dirigidas por el productor dependen de la producción a escala y los avances tecnológicos, por lo que la influencia se ejerce desde el lugar de producción. Mientras que las cadenas dirigidas por el comprador obtienen sus ganancias del diseño, las ventas, la publicidad y la comercialización, por lo que su control se da a partir de los últimos eslabones de la cadena.

Sin embargo, la tipología inicial de Gereffi (1994) tuvo ciertas limitaciones al no especificar todas las formas de gobernanza que pueden surgir en una misma cadena.

### **Tipología de gobernanza quintuple**

Por lo tanto, Gereffi *et al.* (2005) formularon una nueva tipología compuesta por cinco estilos de gobernanza (de mercado, modular, relacional, cautiva y jerárquica) llevados a cabo por las firmas líderes que estuvieran más relacionados con los vínculos que pueden existir entre las distintas etapas de una misma cadena, ya que la evidencia empírica ha demostrado que los patrones de gobernanza se van transformando conforme las CGV evolucionan con el paso del tiempo.

Por esta razón, los estilos de gobernanza de las CGV no pueden asociarse a industrias particulares ni contemplarse como estáticos, porque su dinámica depende de tres cuestiones en un determinado momento (Gereffi *et al.*, 2005):

- i. Complejidad de las transacciones. Dificultad para transmitir información y conocimiento necesario para las especificaciones de los procesos y productos.
- ii. Codificabilidad de la información. Forma en que el conocimiento e información se puede transferir eficientemente y sin requerir altos montos de inversión.
- iii. Capacidad de los proveedores. Relación de las competencias de los proveedores con las exigencias de las transacciones.

A continuación, se presentan las características de cada uno de los tipos de gobernanza enunciados por Gereffi *et al.* (2005):

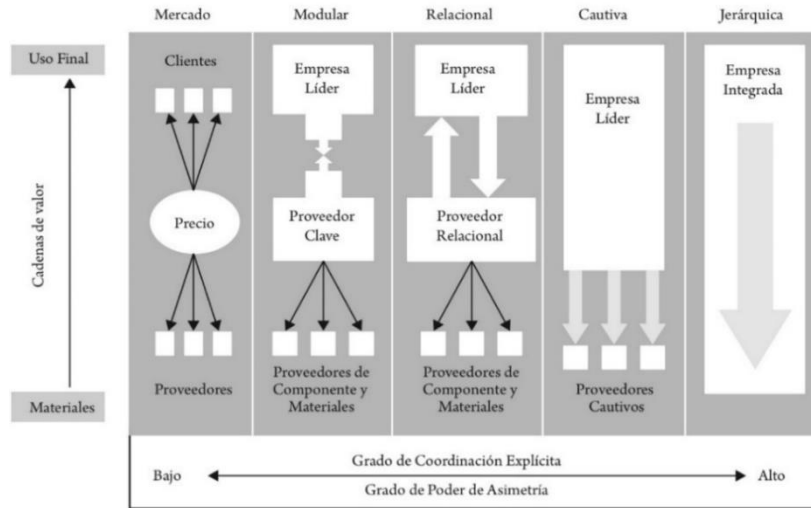
- i. Mercado. La característica principal es que el costo de cambiar de comprador o vendedor es bajo para ambas partes, puesto que el intercambio de información no es complejo gracias a que las especificaciones de los productos son sencillas. Los proveedores tienen la capacidad de fabricar los productos sin gran injerencia de los compradores y, por lo tanto, las especificaciones y los precios los deciden los vendedores. Las asimetrías de poder son bajas debido a que compradores y vendedores suelen trabajar con distintos socios.
- ii. Modular. En este tipo de gobernanza las capacidades de los proveedores tienen que ser altas porque fabrican los productos según las indicaciones que les hagan los clientes. La tecnología de procesos está a cargo de los proveedores que por lo regular utilizan maquinaria genérica y, por lo mismo, los compradores no tienen un seguimiento y control directo sobre el proceso. El costo de cambiar de comprador o vendedor continúa siendo medianamente bajo porque por lo regular se trabaja con muchos socios.
- iii. Relacional. Se caracteriza por las elevadas capacidades de los proveedores, así como de la complejidad de las interacciones entre compradores y vendedores debido a la dependencia mutua entre las partes. Las fuertes competencias de los proveedores hacen que los compradores los subcontraten con el fin de obtener competencias complementarias. Los vínculos se basan en la confianza, la reputación, los lazos familiares o la cercanía geográfica y social, que a menudo se construyen con el tiempo. Se requieren altos niveles de coordinación, por lo que el costo de cambiar de comprador

o vendedor se vuelve elevado. El equilibrio de poder es más simétrico que los otros tipos de gobernanza dado que tanto los compradores como los vendedores aportan competencias importantes.

- iv. Cautiva. Esta gobernanza se caracteriza por un gran control e intervención por parte de las empresas líderes, quienes indican a los proveedores las especificaciones de cómo debe llevarse a cabo la producción. Como los proveedores no cuentan con altas capacidades se encuentran “cautivos” de las grandes empresas porque son quienes tienen poder de decisión sobre los costos y precios. Por lo regular, los proveedores se dedican al ensamblaje y dependen de la tecnología de procesos, diseño o compra de componentes por parte de la empresa líder. El costo de cambiar de comprador es sumamente alto para los proveedores.
- v. Jerárquica. Se suelen presentar cuando las especificaciones de los productos se vuelven complejas y no existen proveedores que cuenten con las capacidades adecuadas. También pueden surgir cuando la empresa quiere controlar los recursos como la PI. Entonces, su característica principal es la integración vertical, ya que los vínculos se generan a partir del control gerencial de la empresa líder hacia sus subsidiarias. Por lo tanto, este tipo de gobernanza requiere una alta coordinación dentro de la misma compañía.

A modo de resumen (**figura 1**), se puede decir que los tipos de gobernanza de mercado y jerárquica son los polos opuestos de la tipología, ya que la primera se caracteriza por estar dirigida por el precio y no contar con vínculos tan estrechos, mientras que la segunda se caracteriza por ser una empresa integrada y, por lo mismo, ser dirigida por la propiedad. Por su parte, los tipos de gobernanza modular, relacional y cautiva son categorías intermedias caracterizadas por formar una gobernanza en red, y esto se explica por las distintas empresas líderes que controlan el poder a lo largo de la CGV (Gereffi *et al.*, 2005).

**Figura 1**  
Tipos de gobernanza en CGV

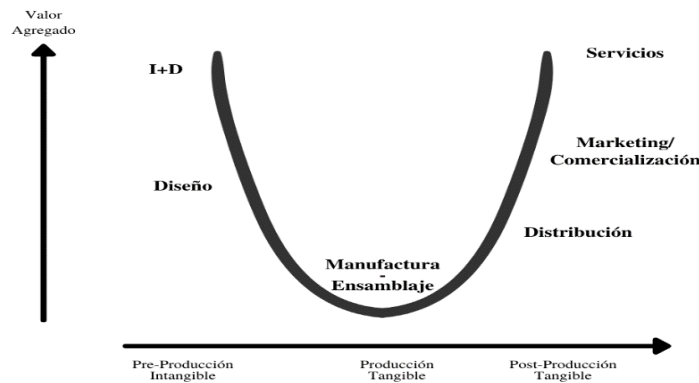


Fuente: Gereffi *et al.* (2005: 89) como se citó en Gereffi (2018: 14).

### 1.3.2 Escalamiento económico

El segundo tema de relevancia dentro del enfoque de CGV es el de escalamiento económico, el cual se define como “*el proceso mediante el cual los actores económicos (empresas, trabajadores, grupos locales e incluso las economías nacionales o regionales) pasan de actividades de bajo valor agregado a actividades de valor relativamente alto en las CGV*” (Gereffi, 2005: 171). Se pretende pasar de actividades intensivas en mano de obra a actividades intensivas en capital y habilidades con el fin de obtener un aprendizaje organizativo que les permita mejorar su posición en las redes globales de producción (Gereffi, 2001). Por consiguiente, la cuestión fundamental es saber dónde se genera realmente el valor agregado (**figura 2**).

**Figura 2**  
Curva de la sonrisa



Fuente: elaboración propia con base en Shih (1992) y Gereffi (2018: 19).

En dicho gráfico se puede ver que la apropiación de valor agregado es mayor conforme las actividades se acercan a los extremos, es decir, donde se encuentran las actividades de pre- producción (I+D, diseño) y post- producción (*marketing* y servicios). Por el contrario, las actividades que están más cerca del centro de la curva, es decir, las etapas de producción (manufactura y especialmente el ensamblaje) son las que capturan un menor valor agregado debido a que se caracterizan por tener una mano de obra poco calificada y estandarizada.

Humphrey y Schmitz (2002) distinguen cuatro niveles de análisis de escalamiento económico, esto es:

- i. Nivel de producto. Elaboración de mercancías más sofisticadas del mismo tipo.
- ii. Mejora de procesos. Involucra tareas más sofisticadas de producción, comercialización y diseño para producir eficientemente, tales son los cambios de modelos de producción o la introducción de nueva tecnología.
- iii. Actualización funcional. Realización de más actividades dentro de la cadena o desplazamiento hacia actividades con mayor valor agregado, por ejemplo, de la manufactura al diseño.
- iv. Progresión intersectorial. Traslado hacia nuevos sectores que por lo regular están vinculados, es decir, de industrias intensivas en mano de obra a industrias intensivas en capital y tecnología.

### **Relación entre escalamiento y desarrollo económico**

Pasemos a examinar la relación entre escalamiento y desarrollo económico. En este punto, Gereffi (2014) menciona que es importante tener en cuenta que el surgimiento de las CGV redefinió la idea que se tiene de desarrollo económico. Primero explica que en el modelo de desarrollo de industrialización basada en la sustitución de importaciones (ISI), los países en desarrollo buscaron replicar la industrialización de economías céntricas (*v.gr.* Estados Unidos y Alemania). Este modelo se basó en construir industrias desde cero en sus respectivos países, por lo tanto, las economías en desarrollo se centraron en atraer empresas multinacionales con el objetivo de crear toda una cadena de valor desde su país y lograr el mismo florecimiento. Sin embargo, con el actual modelo de industrialización orientada a la exportación (IOE) y con base en la SIP, los países en desarrollo se sumaron a las CGV a partir



de especializarse en ciertas actividades como la etapa de ensamblaje, de modo que, ya no fue una prioridad construir toda una industria nacional.

El modelo IOE impulsado por Reagan en Estados Unidos y Thatcher en Reino Unido en los años 80's, se convirtió en la ortodoxia que predominó en los países en desarrollo. Se buscó que estas economías tuvieran la oportunidad de beneficiarse de las economías de escala y aprendieran del comercio con socios comerciales más grandes, lo cual originó que las empresas multinacionales cambiaron sus estrategias de producción y optaron por subcontratar actividades estandarizadas a economías con menores costos de producción (Gereffi, 2014).

A su vez, este modelo fue apoyado por el Consenso de Washington<sup>3</sup>, el cual fue una conferencia formulada en 1989 por el Instituto Internacional de Economía para establecer los objetivos de política económica basados en la liberalización del mercado y la disciplina macroeconómica para restablecer el crecimiento económico de América Latina, el cual fue posteriormente aplicado a otras regiones. Esta agenda se desarrolló como consecuencia de la crisis de la deuda de la década de 1980, proponía entre otras cosas, tipos de cambio competitivos para promover las exportaciones, la liberalización de las importaciones con el fin de facilitar el comercio entre las economías desarrolladas y en desarrollo, y la reducción de la intervención del Estado, el cual se veía como un obstáculo para la actividad económica del sector privado (Martínez y Soto, 2012).

Siguiendo a Gereffi (2014), el modelo IOE apoyado por el Consenso de Washington permitió a las economías periféricas industrializarse rápidamente y de manera sencilla, empero, esto fue únicamente por medio de la especialización en los segmentos que generan un menor valor agregado. De ahí que para muchos países en desarrollo no se han visto reflejados los beneficios asociados a lo que se pensaba de la industrialización, tales como empleos con mejores salarios reales, encadenamientos productivos y generación de riqueza, o en su defecto han sido desiguales entre regiones.

---

<sup>3</sup> Este término fue acuñado por el economista británico John Williamson.

Por su parte, las economías del centro ahora se dedican a redefinir sus competencias mediante actos de innovación. Por ejemplo, por medio de nueva tecnología, estrategias de productos o procesos, mejoras de *marketing*, y se enfocan en la manufactura de alto valor agregado. Por lo que la competencia gira en torno a la creación o asimilación de conocimientos y, por lo tanto, la industrialización ya no es una condición suficiente para pertenecer al centro.

Como consecuencia, el ascenso de la periferia y la semi-periferia se vuelve más complicado porque, *“las continuas innovaciones de las naciones más desarrolladas hacen que el estatus central sea una frontera en constante retroceso”* (Gereffi y Korzeniewicz, 1990: 46). Esto se relaciona con la visión de Arrighi y Drangel (1986) acerca de que la industrialización se ha convertido en parte de la periferia en la medida en que las economías de la semi-periferia compiten por actividades parecidas a las del centro, aunque con características de la periferia, lo cual hace que sigan manteniéndose constante las posiciones entre el centro y la periferia.

Por tal razón, el foco de atención debe ser un análisis más desagregado de las CGV que identifique cada una de las actividades que participan en dichos encadenamientos para conocer realmente dónde se crea y se distribuye la riqueza. Por lo cual, el desarrollo económico de un país se relaciona más con la actividad en que se especializa cada economía dentro de la CGV (Gereffi, 1994).

De tal forma que, Meyer-Stamer (2005) y Dussel (2018) creen pertinente hacer un análisis a nivel sistémico, es decir, tanto microeconómico, mesoeconómico, macroeconómico y metaeconómico de la competitividad, porque de otra forma las políticas serán exiguas al no identificar adecuadamente la complejidad de los procesos socioeconómicos. De hecho, Gereffi (2018) plantea que de las principales restricciones que enfrentan los países en desarrollo para escalar en las CGV y, que califican como factores críticos de la competitividad, son las deficiencias institucionales y del entorno empresarial de sus economías, la inexistencia de infraestructura adecuada y de asociaciones entre el sector público, privado y educativo o entre las mismas industrias.

Sin embargo, todavía no existe una relación específica entre la competitividad sistémica y los planteamientos de las CGV. Aun así, Dussel (2008) sugiere que el fundamento de ambos es la endogeneidad territorial o la forma en que los territorios se integran a las CGV y la competitividad sistémica que alcanzan, por lo que el punto de partida del análisis debe ser el mismo territorio y no precisamente las empresas.

Por lo tanto, se vuelve fundamental conocer a detalle los procesos y productos que se llevan a cabo en un territorio durante un momento determinado, es decir, identificar en qué se especializa y distinguir las estructuras sociales e inter e intrafirma a nivel local, nacional y global, con el objetivo de conocer la capacidad social y productiva de elevar la endogeneidad territorial. Esta perspectiva resalta el hecho de que, si bien la generación de políticas económicas debe dirigirse a nivel local y nacional, también necesitan tener conocimiento del ámbito global, así como un constante diálogo entre los gobiernos, la academia y los organismos empresariales y sociales de los territorios (Dussel, 2018).

En la opinión de Milberg (2013), las estrategias de política industrial son fundamentales para elevar la endogeneidad territorial, porque sin estas herramientas es complicado que por sí sola la inserción en las redes globales de producción garantice el aprendizaje para generar capacidades tecnológicas y organizativas, origine encadenamientos hacia atrás y hacia adelante, eleve el valor agregado y fomente el escalamiento económico. Esto se verifica dependiendo del entendimiento que se le proporcione a la política industrial, porque en un mundo inmerso en las CGV el enfoque ya no necesariamente es generar toda una industria nacional sino mejorar el posicionamiento de un país dentro de las redes globales de producción (Gereffi, 2018).

Por lo cual, vale la pena comentar de qué va este tipo de política llevada a cabo por el Estado. De acuerdo con la CEPAL (2009), la política industrial hace referencia a las distintas medidas que lleva a cabo el gobierno de un país para acelerar el progreso técnico mediante los procesos de innovación y difusión de la tecnología con el objetivo de transformar y diversificar la estructura productiva de la economía de un país. Para Cimoli *et al.* (2009), este cambio consiste en las habilidades que va adquiriendo la población en cuanto a educación y aprendizaje organizacional en la solución de problemas, en las tecnologías de la producción, en la comercialización y en la mejora de las relaciones laborales.

Por lo que el término de política industrial debe abarcar todo el conjunto de políticas comerciales, de ciencia y tecnología, de fomento a la IED, sobre derechos de PI, de asignación de recursos financieros, de compras gubernamentales, de impuestos, de competencia y de fortalecimiento a las instituciones que imponen los marcos legales (Stiglitz, 2016). Especialmente, se debe hacer énfasis en el último punto, pues se requieren “*instrumentos institucionales capaces de regular las rentas que promuevan al desarrollo y estimular la compulsión al desarrollo*” (Romero, 2016: 17). Por consiguiente, es necesario que el gobierno tenga una participación relevante en la configuración de la estructura económica del país.

Entonces, no sólo se trata de generar incentivos económicos o rentabilidad para las empresas, si no de tener un buen diseño de política industrial que permita aprovechar la transferencia tecnológica y capacidades organizativas con el fin de aumentar la productividad de la economía en su conjunto (Cimoli *et al.*, 2009). Se puede lograr a través de un aprendizaje intersectorial, porque mucho de lo que se lleva a cabo en una industria puede aplicarse en diferentes sectores. La clave está en identificar a las industrias o empresas que pueden lograr este objetivo, por lo cual las políticas industriales deben evaluarse a partir de cómo influyen en el desempeño de toda la economía y no de forma individual (Stiglitz, 2016).

Precisamente, se debe tener en cuenta que las políticas industriales son de largo plazo y, al respecto, Hausmann y Rodrick (2006) mencionan que es a partir de este tipo de políticas donde se establecen las capacidades de producción y los patrones de comercio que marcan el rumbo de la economía de un país.

#### **1.4. Cadenas de valor en una etapa post Consenso de Washington**

Para cerrar, Gereffi (2014) expone que nos encontramos en una fase en donde los planteamientos del Consenso de Washington están debilitándose y, de acuerdo con Aiginer y Rodrick (2020), en la cual parece ser el renacimiento de la política industrial. Por un lado, ciertas economías en desarrollo como América Latina han mostrado un descontento pues no han logrado las transformaciones productivas prometidas y no se ha visto reflejada la generación de mejores empleos manufactureros (Aiginer y Rodrick, 2020). Mientras que, tras la crisis económica de 2008-2009 existe cada vez una menor competitividad de los países desarrollados en términos del desempeño de las exportaciones y, a su vez, una mayor

presencia de las economías en desarrollo como China dentro del comercio internacional y del mercado de media y alta tecnología (Gereffi, 2014).

Igualmente, Stiglitz *et al.* (2013) subrayan que después de la crisis financiera diversas economías desarrolladas como Estados Unidos, Europa y Japón han reconocido la importancia de la intervención por medio de la política industrial como una estrategia de crecimiento económico para fomentar el empleo manufacturero de sus países que se ha visto afectado por la globalización, sobre todo haciendo énfasis en las industrias de alta tecnología. Por su parte, países en desarrollo como China tuvieron que replantear su política industrial hacia el mercado interno o a escala regional, luego de que el dinamismo de las economías desarrolladas disminuyera tras la crisis financiera (Gereffi, 2014).

El hecho de que el comercio internacional se base en CGV vuelve complicado el regreso de la política industrial “tradicional” basado en la protección de mercados nacionales. Más bien, la nueva política industrial incluirá medidas que regulen el comercio y la IED y se enfocará en analizar las relaciones de los actores económicos, tanto globales como domésticos. Asimismo, estudiará el alcance de las empresas líderes y de los grandes proveedores, ya que en la actualidad son los segundos quienes más realizan nuevas inversiones o tienen una mayor participación dentro del comercio internacional. Dicho en otras palabras, requiere de un mejor entendimiento de la organización industrial basada en CGV (Gereffi, 2018).

### **1.5 Conclusiones preliminares**

El desarrollo de la economía mundial basado en la relación centro-perifera conlleva la segmentación de las distintas etapas de la producción. A partir de este planteamiento, los actores económicos se suman a las CGV especializándose en ciertas etapas del proceso productivo.

Dentro del enfoque de CGV, dos conceptos son clave: gobernanza y escalamiento económico. El primero se relaciona con la organización industrial y hace referencia al tipo de poder que ejercen las empresas líderes, el cual es importante identificar para conocer la dinámica de la cadena de valor. El segundo se refiere al proceso para mejorar la posición de los actores económicos dentro de la CGV. Ambos términos se relacionan porque para generar

estrategias de escalamiento es fundamental distinguir los vínculos que existen y conocer a los actores relevantes de la cadena de valor.

Sin embargo, este enfoque tiene ciertas limitaciones al tratar de explicar los efectos en términos de apropiación de valor agregado, ya que éste depende de la competitividad sistémica de los territorios y de los procesos en los que se participa. Por lo mismo, las políticas económicas con un enfoque sistémico como la política industrial se vuelven fundamentales para propiciar que la adhesión a las CGV tenga resultados fructíferos en esta materia.

Dado que el nivel de integración económica mundial es elevado, el reconocimiento actual de la política industrial tanto en economías desarrolladas como en desarrollo debe tener un mejor entendimiento del funcionamiento de las redes globales de producción y su objetivo deberá ser mejorar su participación dentro de las CGV.

Por último, cabe decir que el presente marco es un aporte para esta investigación que tiene como objetivo hacer un diagnóstico detallado de la industria global de CI. Todo lo cual, para identificar los elementos que tipifican a esta CGV que se encuentra inmersa en la disputa tecnológica de Estados Unidos y China.

## **Capítulo 2. La industria global de circuitos integrados**

En la actualidad es común encontrarse con un sinnúmero de productos que facilitan la vida cotidiana, desde computadoras, televisores, teléfonos y automóviles (sólo por mencionar algunos). Se trata de bienes diferentes y con distintos usos, sin embargo, el aspecto que tienen en común es que requieren ser más sofisticados e innovadores para cumplir con los requisitos de una sociedad que cada vez necesita estar más conectada para llevar a cabo sus actividades diarias.

Todo lo cual origina que el avance tecnológico, el cual proviene principalmente de la industria electrónica, se convierta en una pieza clave que definirá el futuro de la humanidad, pues nos encontramos inmersos en la era de la digitalización. De ahí la importancia del desarrollo de los CI, ya que son la base para el funcionamiento de cualquier producto electrónico y de las tecnologías disruptivas, los cuales cada vez tienen un papel más preponderante en la sociedad.

Por consiguiente, en este capítulo se analiza ampliamente a la industria global de CI desde un enfoque de cadenas de valor. El capítulo se estructura en cuatro secciones. En la sección uno se presenta a nivel conceptual la definición y características de un CI. En la sección dos se desglosan los tipos de CI, su clasificación arancelaria y se menciona su uso multisectorial.

En la sección tres se hace una descripción minuciosa de la CGV que nos ocupa, con base en cuatro criterios: i) identificación de los modelos de negocio en los que se basan las empresas de la industria y su razón de ser; ii) etapas de la cadena de valor (I+D, diseño, fabricación o manufactura, ensamblaje, prueba y embalaje); iii) con base en lo anterior, se responde la pregunta: ¿en qué segmentos se genera realmente el valor agregado?; iv) finalmente se identifica el estilo de gobernanza que tipifica la cadena de valor. La sección cuatro presenta las conclusiones preliminares.

### **2.1 Invención de los circuitos integrados**

En 1947 Bardeen, Brattain y Shockley crearon un dispositivo de tamaño reducido que mediante el uso de un material semiconductor controlaba la corriente eléctrica. A este dispositivo lo denominaron transistor y fue un parteaguas para la industria electrónica porque

se convirtió en el componente primordial para lograr el funcionamiento de los demás productos electrónicos. No obstante, conforme se fueron creando productos cada vez más complejos, el número de transistores que se necesitaban era mayor y, a su vez, se precisaba que fueran reduciendo su tamaño.

De esta manera fue como surgieron los CI en 1958 de la mano de Jack St. Clair Kilby, quien desarrolló *“un prototipo en donde todas las partes de un circuito electrónico, y no sólo el transistor, pudiera ser fabricados en una misma oblea de silicio, con lo que todo el circuito en su conjunto sería más pequeño y fácil de realizar”* (Mártel, 2016). Un año después, Robert Noyce también se encontraba trabajando en la idea de crear un circuito electrónico y su principal aportación fue que se concentró en cómo lograr la interconexión entre todos los elementos que lo componen (transistores, resistencias, condensadores y diodos). Por consiguiente, la invención de los CI se le concede, tanto a Kilby como a Noyce.

Los CI revolucionaron la tecnología debido a que permitieron realizar múltiples funciones en un área cada vez más pequeña a través de un encapsulado electrónico. En sus inicios los CI constaban de un transistor y esta cantidad fue creciendo exponencialmente con el paso del tiempo. Hoy en día, se considera que los CI más importantes son los que contienen millones de transistores en una sola oblea de silicio y pueden llegar a costar cientos de dólares (Brown y Linden, 2011).

Por consiguiente, de todos los dispositivos semiconductores<sup>4</sup>, los CI son el centro de atención porque representan más del 80% de las ventas totales de este tipo de productos (SIA, 2020). Asimismo, los procesos productivos y tecnologías que utilizan las empresas líderes giran en torno a los CI (Brown y Linden, 2011). Por esta razón, se suele igualar el término semiconductor con el de CI. Sin embargo, es importante aclarar que un CI es un componente electrónico semiconductor o un dispositivo que depende en gran medida de materiales semiconductores para su correcto funcionamiento (Kumar y Krenner, 2002).

---

<sup>4</sup> Los dispositivos semiconductores se dividen en tres grupos: CI, discretos y optoelectrónicos. Los CI contienen múltiples transistores; los discretos contienen un transistor y, por lo general, se usan para controlar la corriente eléctrica. Los optoelectrónicos generan o detectan la luz, (SIA y Nathan Associates, 2016; VerWey, 2019).



## 2.2 Tipos de circuitos integrados

Los CI se dividen en: i) digitales, que se encargan de generar, procesar o almacenar información binaria; ii) analógicos, que se dedican a procesar señales del mundo real para ser usadas en circuitos electrónicos; iii) híbridos, que combinan las clasificaciones anteriores. A continuación, se comprenden 3 ejemplos de cada categoría en el orden antes mencionado (Robertson, 1999):

- i. Microprocesadores. Llevan a cabo las operaciones para el control y ejecución de programas de un dispositivo.
- ii. Memorias. Almacenan datos e instrucciones de programación. Ejemplos: memoria dinámica de acceso aleatorio, memoria estática de acceso aleatorio y memoria flash.
- iii. Dispositivos lógicos. Se encargan de realizar cálculos con señales digitales para producir una salida. Ejemplo: convertidores, relojes y circuitos de sincronización.
- iv. Amplificadores y reguladores. Modifican la señal de voltaje que ingresa a ellos.
- v. Filtros integrados. Empleados en comunicaciones que permiten realizar calibraciones que no se pueden realizar con CI digitales.
- vi. Osciladores. Permiten producir señales periódicas con diferentes formas de ondas.
- vii. Convertidor analógico/digital. Transforma señales analógicas en digitales.
- viii. Sensores integrados. Captan las señales del entorno y las transforman en respuestas eléctricas para su interpretación y aplicación en diferentes dispositivos.
- ix. Controladores de motores. Permiten amplificar la corriente proveniente del microprocesador para poner en marcha el motor de acuerdo con lo que se requiera.

### 2.2.1 Clasificación arancelaria

Según el Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA), los CI se clasifican en la partida 8542 “circuitos electrónicos integrados y microestructuras electrónicas” (**cuadro 1**).

En el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) 2018, se encuentran dentro del código 334410 “fabricación de componentes electrónicos”; el cual incluye a las unidades económicas que producen circuitos, capacitores, condensadores, resistores, conectores y semiconductores, tarjetas simples o cargadas, bobinas,

transformadores, módem para computadora, fax, teléfono, arneses, y otros componentes electrónicos. Por su parte, la clasificación estadounidense todavía es más detallada porque se divide en 5 subcódigos (334411, 34412, 334413, 334418 y 334419), siendo el código 334413 “Fabricación de semiconductores y dispositivos relacionados”, el que se refiere a la fabricación de CI.

**Cuadro 1**  
Clasificación arancelaria de los CI según el SA

Sección	XVI	Máquinas y aparatos, material eléctrico y sus partes; aparatos de grabación o reproducción de sonido, aparatos de grabación o reproducción de imagen y sonido en televisión, y las partes y accesorios de estos aparatos.
Capítulo	85	Máquinas, aparatos y material eléctrico, y sus partes; aparatos de grabación o reproducción de sonido, aparatos de grabación o reproducción de imagen y sonido en televisión, y las partes y accesorios de estos aparatos.
Partida	8542	<p><b>Circuitos electrónicos integrados y microestructuras electrónicas</b></p> <p>(854210) Tarjetas provistas de un solo circuito integrado electrónico “tarjetas inteligentes”.</p> <p>(854212) Tarjetas provistas de varios circuitos integrados electrónicos “tarjetas inteligentes”.</p> <p>(854213) Semiconductores de óxido metálico (tecnología MOS).</p> <p>(854214) Circuitos de tecnología bipolar.</p> <p>(854219) Los demás, incluidos los circuitos que combinen tecnologías MOS y bipolar (tecnología BIMOS).</p> <p>(854221) Digitales.</p> <p>(854229) Los demás.</p> <p>(854230) Los demás circuitos integrados monolíticos.</p> <p>(854231) Procesadores y controladores, incluso combinados con memorias, convertidores, circuitos lógicos, amplificadores, relojes y circuitos de sincronización, u otros circuitos.</p> <p>(854232) Memorias.</p> <p>(854233) Amplificadores.</p> <p>(854239) Los demás.</p> <p>(854240) Circuitos integrados híbridos.</p> <p>(854250) Microestructuras electrónicas.</p> <p>(854260) Circuitos integrados híbridos.</p> <p>(854270) Microestructuras electrónicas.</p> <p>(854290) Partes</p>

Fuente: Sistema de Información Arancelaria Vía Internet de la Secretaría de Economía (2021).

### 2.2.2 Aplicación en otras industrias

Los CI son de los productos más comercializados a nivel mundial debido a que convergen con otras industrias, porque es un bien intermedio que llega a tener un uso multisectorial. Además, se puede decir que el continuo aumento del sector tecnológico ha impulsado a la industria porque las compañías tecnológicas requieren actualizar sus productos o crear nuevas aplicaciones para estar a la vanguardia. Por lo tanto, esta necesidad ha generado nuevas vertientes de demanda (**cuadro 2**).

**Cuadro 2**  
**Aplicación de los CI en otras industrias**

Industria	Aplicación
Comunicaciones	Se pueden encontrar CI analógicos, digitales y mixtos en las conexiones por cable y de fibra óptica. Los módems contienen CI para protocolos de comunicación. Los celulares tienen CI de radiofrecuencia y comunicación, procesadores y memorias.
Procesamiento de información	Los equipos computacionales y de procesamiento de información dependen de procesadores, memorias y CI analógicos y digitales para funciones de comunicación y energía.
Electrónica de consumo	Los aparatos electrónicos como el televisor, microondas y refrigerador contienen al menos un CI para la comunicación y control de energía. Estos pueden ser analógicos, digitales, lógicos, procesadores y memorias.
Automotriz	Un automóvil contiene microcontroladores y CI analógicos. Algunos ejemplos el tren de potencia, tablero, audio, navegación, redes de comunicación abordo, sistemas electrónicos, control de puertas, ventanas, asientos, espejos, aire, sistemas de seguridad, sistema de conducción, frenado, tracción y suspensión.
Controles industriales	Con los CI digitales y mixtos es posible contar con tecnología de automatización, control y distribución de energía, celdas solares y equipo de medición y pruebas en diferentes industrias.
Militar y Aviación	Se requieren memorias, procesadores y sensores para equipos militar y aeronáutico para las unidades de procesamiento de información, monitores de comunicación, computadoras y sistemas de vuelo. En la aviación se emplean amplificadores, sensores, CI lógicos y controladores de energía o motores. Se encuentran en cabinas, sistemas actuadores del avión, de conversión de energía, de control del motor, de mantenimiento de presión, de comunicación y radiofrecuencia.
Cuidado de la Salud	Los equipos de resonancia magnética, marcapasos, monitores de presión, analizadores de química sanguínea y monitores de signos vitales requieren de al menos un CI para su funcionamiento. Estos pueden ser sensores, sistemas micro electromecánicos, microcontroladores, memorias, CI analógicos, digitales y de comunicación.

Fuente: elaboración propia con base en Pavel (2017); Yinug (2016); Parker y Thomas (2013); Aerospace Semiconductor (s.f.); Arrow (s.f.); Computer History Museum (s.f.); Hitachi High-Tech Global (s.f.); How products are made (s.f.); Intel (s.f.); Maxim Integrated, (s.f.); MI (s.f.); ON Semiconductor (s.f.); Renesas, (s.f.); TechInsights (s.f.).

### 2.3 Cadena global de valor de circuitos integrados

Al ser un componente clave para los distintos productos electrónicos que utilizan otros sectores de la economía, la creación de un CI se vuelve compleja conforme se requiere sean más sofisticados, por lo que realizar cada actividad de la cadena de valor requiere cierta especialización.

La cadena de valor se compone de las siguientes etapas: i) I+D; ii) diseño; iii) fabricación o manufactura; iv) ensamblaje, prueba y embalaje (Kleinhans y Baisakova, 2020; Barbe *et al.*, 2018; SIA y Nathan Associates, 2016). Cada segmento suele estar en diferentes partes del mundo. Las actividades iniciales suelen estar en países con ingresos altos, mientras que la última parte de la producción está por lo regular en países con ingresos bajos.

Se considera que esta industria es de las que más recursos destina al mismo tiempo a actividades de I+D y gasto en capital como porcentaje de las ventas mundiales, siendo 22% y 26% respectivamente (Varas *et al.*, 2021; SIA y Nathan Associates, 2016). Esta complejidad ha presionado a las empresas a tener un modelo de negocio que traspase los límites nacionales

en busca de mejores ventajas que les permita estar al nivel de la competencia del mercado mundial.

### **2.3.1 Modelos de negocio**

Esta visión dio origen al modelo planta sin fábrica, que significa la separación de las actividades de diseño de las de fabricación. El objetivo es que las empresas sin fábrica se dediquen exclusivamente al diseño de CI y subcontraten las actividades de manufactura a otras empresas denominadas fundiciones, para que estas últimas se encarguen de los grandes niveles de inversión que requiere la creación y mantenimiento de las fábricas.

Las empresas más importantes que se dedican al diseño de CI son Qualcomm, Broadcom, NVIDIA, AMD, Xilinx y Marvell de Estados Unidos, así como MediaTek, Novatek y RealTek de Taiwán. Por su parte, TSMC con sede en Taiwán es la fundición más grande que existe, mientras que otros ejemplos de fundiciones son Global Foundries con sede en Estados Unidos, pero con propiedad del gobierno de Abu Dhabi, también está UMC de Taiwán y SMIC de China (Kleinhans y Baisakova, 2020).

En este modelo también se incluyen las compañías que se subcontratan para ensamblar, hacer pruebas y empaquetar (OSAT, por sus siglas en inglés), tales como Amkor Technologies de Estados Unidos, JCET de China, ASE y Power-tech de Taiwán, y J-Devices de Japón. Conforme la tecnología y los productos se vuelven más complejos, el modelo planta sin fábrica se ha convertido en una parte fundamental de la industria (SIA y Nathan Associates, 2016).

A pesar de ello, aún hay grandes compañías que continúan integradas de forma vertical y se denominan fabricantes de dispositivos integrados (IDM, por sus siglas en inglés). Esta modalidad hace referencia a que una sola compañía se encarga de todos los segmentos de la producción, o lo que es lo mismo, diseña, fabrica y comercializa los CI.

Tal es el caso de las dos empresas más grandes de la industria de CI, Intel de Estados Unidos y Samsung de Corea del Sur, que prefieren internalizar la cadena de valor para que diseñadores y técnicos encargados del proceso de fabricación trabajen en conjunto para

impulsar la producción (Brown y Linden, 2011). Otros ejemplos de IDM son SK Hynix de Corea del Sur, así como Micron y Texas Instruments de Estados Unidos.

Sin embargo, las compañías que son IDM también pueden llegar a producir en diferentes países y lo más común es que no estén tan integradas como es de imaginarse. En los últimos diez años, este tipo de empresas han adoptado características del modelo planta sin fábrica, puesto que algunas de ellas llegan a contratar a otras compañías únicamente para fabricar cierta parte de la producción debido a lo costoso que resulta renovar o mantener las instalaciones de fabricación que se necesita para ir a la par del avance tecnológico (Platzer *et al.*, 2020; SIA y Nathan Associates, 2016). Se le conoce como *fab-lite* y, de esta manera, los IDM pueden enfocarse en internalizar todas las demás actividades, tal es el caso de compañías como Infineon, NXP y STMicroelectronics.

### **2.3.2 Primera etapa: investigación más desarrollo**

La actividad de I+D no forma parte del proceso productivo como tal, sin embargo, su participación dentro de la cadena de valor es de relevancia debido a que inciden en el avance tecnológico de las demás actividades, se calcula que entre el 15% y 20% de I+D se genera en esta etapa. Cabe aclarar que, la investigación que se realiza en este punto no se considera toda la I+D de la industria, tan sólo es complementaria a la inversión en I+D que hacen las compañías participantes dentro de la industria (Varas *et al.*, 2021; SIA y Nathan Associates, 2016).

Esta etapa se lleva a cabo principalmente por medio de la colaboración entre el sector público, privado y las universidades. Estas actividades suelen realizarlas asociaciones o centros de investigación financiados por las principales empresas de la cadena de valor y el gobierno de las economías que participan, tales como Estados Unidos, Europa, Taiwán, Singapur y China. Los ejemplos más relevantes son los siguientes (Varas *et al.*, 2021):

- i. CEA-Leti. Organización de investigación tecnológica financiada por el gobierno francés que se especializa en tecnologías de la información, microelectrónica y nanotecnología.
- ii. IMEC. Centro de I+D fundado en Bélgica para nanotecnología y tecnologías digitales.
- iii. ITRI. Instituto de investigación taiwanés líder en tecnología aplicada y avanzada.

- iv. SEMATECH. Asociación de compañías estadounidenses y el gobierno de su país para la cooperación en la investigación de la tecnología de semiconductores.
- v. SRC. Organización estadounidense centrada en la investigación tecnológica de la microelectrónica de alto rendimiento.
- vi. A\*STAR. Agencia de I+D establecida en Singapur con colaboración del gobierno y las principales empresas globales para áreas de tecnología en radiofrecuencia más allá del 5G, electrónica eléctrica, hardware de inteligencia artificial, entre otros.

En la última década, los países que han hecho más publicaciones científicas en torno a los CI fueron Estados Unidos y China. Una muestra de la importancia de la colaboración en I+D es que, el 36% de las publicaciones chinas y el 60% de las estadounidenses fueron escritas en coautoría con instituciones de otros países, siendo China el principal socio de Estados Unidos, y viceversa (Varas *et al.*, 2021).

A pesar de ser una etapa colaborativa, el sector privado es el que aporta la mayor parte de la I+D, y así como ocurre en la mayoría de las áreas de la industria, Estados Unidos lidera con el mayor gasto en I+D con una cantidad cercana al 60% del total del sector privado a nivel mundial, mientras que las empresas chinas representan aproximadamente el 4% (SIA, 2019). Los gobiernos quedan con una participación menor en la I+D, sin embargo, apoyan de otras maneras como subsidios o exenciones de impuestos (Platzer y Sargent Jr., 2016). Los resultados en I+D son un insumo esencial para poder continuara las siguientes etapas.

### **2.3.3 Segunda etapa: diseño**

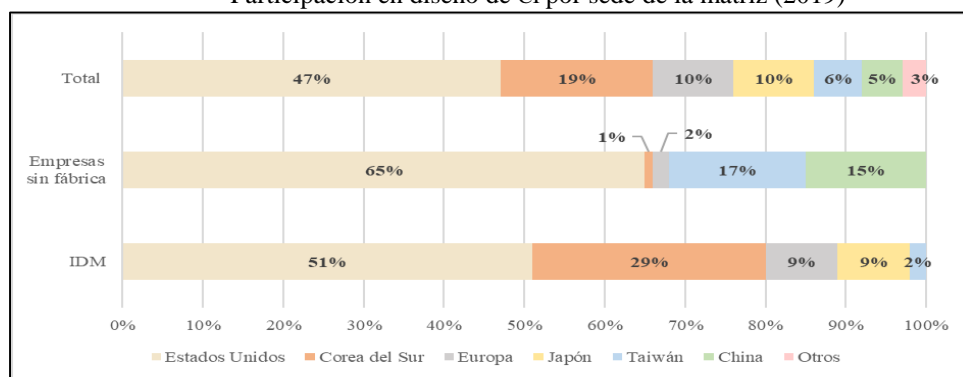
Los encargados de esta área tienen que revisar que sus diseños cumplan las funciones que deben realizar los CI y que la posición donde se encuentren cada uno de los componentes que lo conforman sea la correcta.

Durante el diseño se realizan las siguientes actividades: i) especificación, se establece el funcionamiento del CI (Brown y Linden, 2011); ii) diseño lógico, involucra la creación del modelo de conexión de los componentes electrónicos; iii) diseño físico, pasa el modelo del diseño lógico a un entorno físico; iv) validación y verificación, garantiza que los CI operen de la forma esperada (Khan *et al.*, 2021).

Esta etapa es intensiva en capital y conocimiento por la complejidad que requiere el manejo de software EDA y la necesidad de adquirir licencias de PI cada cierto tiempo. Tan sólo en 2016 realizar el diseño de un CI de 10 nm costaba en promedio 170 millones de dólares y para 2020 el diseño de un CI de 5nm superó los 540 millones de dólares (Kleinhans y Baisakova, 2020). Por esta razón, la etapa de diseño representa el 65% del total de I+D de la industria y cada una de las empresas que se dedican al diseño de CI suelen invertir en I+D alrededor del 12 al 20% de sus ventas mundiales (Varas *et al.*, 2021).

Los que realizan casi el total de esta actividad, sean IDM o empresas sin fábrica, tienen su sede en Estados Unidos, Corea del Sur, Europa, Japón y China. En 2019, Estados Unidos representó el 47% de las ventas totales, seguido de Corea del Sur con un 19%, mientras que China se encuentra en la sexta posición con un 5% (**gráfico 1**).

**Gráfico 1**  
Participación en diseño de CI por sede de la matriz (2019)



Fuente: Khan *et al.* (2021).

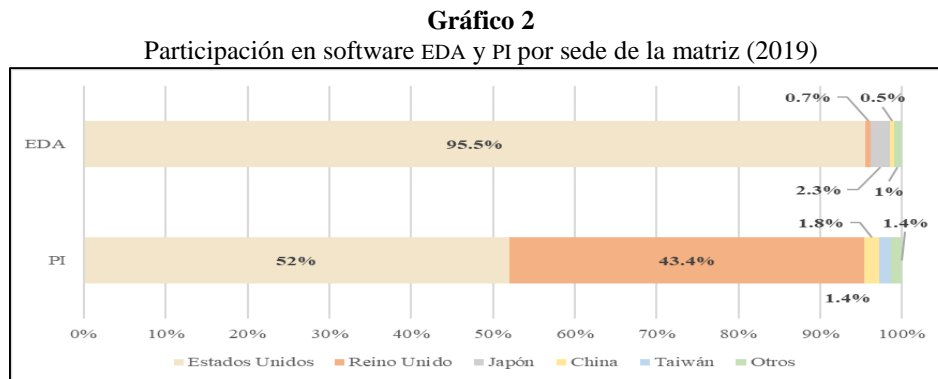
Si únicamente se contemplan los IDM, entonces Estados Unidos representa el 51%, Corea del Sur el 29% y 9% es de Europa y Japón. Por su parte, las empresas sin fábrica son mayoritariamente de Estados Unidos con 65% y después Taiwán con 17% (**gráfico 1**). Hasta 2019, 7 de las 10 compañías dedicadas al diseño de CI con mayores ingresos son estadounidenses y 3 taiwanesas, siendo líder Qualcomm con ingresos de aproximadamente 24 mil millones de dólares (Kleinhans y Baisakova, 2020). Destaca que la participación de mercado de las empresas chinas fue de 15% en el mismo año, sólo detrás de Taiwán, aunque por encima de Japón, Corea del Sur y Europa (IC Insights, 2020).

## Proveedores de software de diseño y propiedad intelectual

Esta etapa depende del acceso a software de diseño EDA, el cual está concentrado en proveedores estadounidenses: Synopsys, Cadence y Mentor Graphics (SIA y Nathan Associates, 2016). Otras herramientas importantes son las licencias de PI, que están dominadas por compañías con sede en Estados Unidos como Synopsys, Cadence y Silicon Storage, así como de Reino Unido por Imagination Technologies y ARM Holdings (**gráfico 2**).

Estas empresas suelen gastar más en I+D que las empresas líderes de la cadena, ya que promedian el 30% y 40% de sus ingresos anuales y esto se debe a que los procesos de innovación en la industria son muy cortos, así como también deben contar con un alto conocimiento de los procesos de fabricación (Varas *et al.*, 2021; Kleinhans y Baisakova, 2020).

Algo relevante de las empresas con sede en Reino Unido es que en 2017 una empresa estatal china adquirió Imagination Technologies. Mientras que ARM Holdings no tiene el control de ARM China, ya que el 51% está a cargo de inversores chinos. Esto es muestra de que China busca convertirse en un desarrollador de PI y software EDA para asegurar la proveeduría de su mercado (Kleinhans y Baisakova, 2020). A pesar de ello, la industria china todavía es pequeña porque únicamente 300 de los 1,500 ingenieros que trabajan en software para CI se emplean en la industria nacional. En este sector, Emphyrean es la empresa líder en China (Randall, 2019).



Fuente: Khan *et al.* (2021).



## Tendencias tecnológicas

Ahora bien, la importancia de la tecnología en el diseño de los CI radica en que tiene el objetivo de hacer componentes más compactos, menos costosos y más potentes, conforme a lo establecido en la Ley de Moore<sup>5</sup>. En otras palabras, se busca mejorar las propiedades de los CI para poder desarrollar dispositivos electrónicos con mayor capacidad de procesamiento y velocidad al mismo tiempo que se reduce su costo (**cuadro 3**).

Sin embargo, la industria se ha dado cuenta que se está llegando al límite del alcance de la Ley de Moore porque continuar con tal predicción está generando un incremento de los costos a un punto en el que ya no serán sostenibles (VerWey, 2019). La carrera por poner la mayor cantidad posible de transistores en menor espacio ha implicado que se esté alcanzando el nivel molecular de los componentes, así como elevado su capacidad y funcionalidad, sin embargo, cada vez está siendo más costoso continuar con su desarrollo.

**Cuadro 3**  
Tendencias tecnológicas en la CGV de CI

	"More Moore"	"More than Moore"	"Beyond CMOS"
<b>Enfoque</b>	Miniaturización. Enfoque digital.	Diversificación funcional. Enfoque analógico.	Enfoque mixto.
<b>Principal uso</b>	Procesamiento de información.	Interactuar con las personas y el ambiente.	Procesamiento e intercambio de información.
<b>Descripción</b>	Busca incrementar el desempeño de los dispositivos semiconductores al seguir disminuyendo su tamaño. Se logra a través del continuo desarrollo de las tecnologías CMOS ( <i>Complementary Metal Oxide Semiconductor</i> ), ya que tiene un bajo consumo energético y permite reducir la complejidad de los circuitos facilitando su miniaturización.  Se han reducido las dimensiones hasta 5nm, esperando que para 2023 sea posible llegar a 3nm	Complementa el procesamiento de señales digitales.  Agrega interfaces y transistores bipolares a los circuitos integrados.  Los dispositivos empleados con transistores bipolares pueden ser: sensores, actuadores, dispositivos pasivos, micro mecánicos, componentes de alto voltaje y otros dispositivos analógicos para la adición de funciones e interpretación de las señales del exterior.	Se basa en el empleo de nuevas tecnologías y materiales.  Sus principales campos de aplicación son de tecnología avanzada, tales como: - <i>Spintronics</i> : estudio del giro de los electrones en algunos dispositivos electrónicos. -Nanotubos de carbono: con aplicaciones químicas y de blindaje. -Computación cuántica: área en desarrollo para cálculos avanzados.
<b>Desafíos</b>	Necesario realizar una gran inversión. La tecnología que se requiere puede que aún no esté disponible o que esté cerca de los límites físicos.  Algunos expertos consideran que 5nm es el fin de la Ley de Moore.	Se requiere desarrollar nuevas tecnologías que faciliten la interacción entre elementos analógicos y digitales en pequeñas dimensiones. Se necesitan capacidades y habilidades específicas.	La tecnología aún se encuentra en fases muy tempranas de desarrollo.  Debido a lo anterior, la escalabilidad comercial de esta tecnología aún está pendiente.

Fuente: elaboración propia con base en Black (2020); BBVA (2020); Electrical4U (2020); Bourke (2019); Sáenz (2017); Crothers (2013); Parker y Thomas (2013); Arden *et al.* (2010); Nikolic (s.f.).

<sup>5</sup> En 1965 G. Moore predijo que la computación crecería de manera radical en términos de potencia y disminuiría o se mantendría en términos de costo relativo a un ritmo exponencial, planteando que el número de transistores por pulgada cuadrada de un chip se duplica cada dos años.

### **2.3.4 Tercera etapa: manufactura/fabricación**

Después de tener el diseño concluido, se procede al proceso de fabricación de CI. Dicha etapa necesita de conocimientos avanzados y experiencia en técnicas que estén acordes a los avances tecnológicos, por lo que el mejoramiento continuo de las instalaciones es indispensable. Así como se requiere una limpieza profunda y protección continua de la suciedad, polvo, temperatura y humedad, porque de lo contrario, se puede complicar o desperdiciar la producción.

En general el proceso de manufactura dura 3 meses, sin embargo, si son CI avanzados puede tardar hasta 5 meses (Varas *et al.*, 2021). Asimismo, esta etapa necesita del suministro de obleas puras de silicio, equipo de fabricación y materiales químicos con un alto grado de especialización para cada actividad del proceso manufacturero.

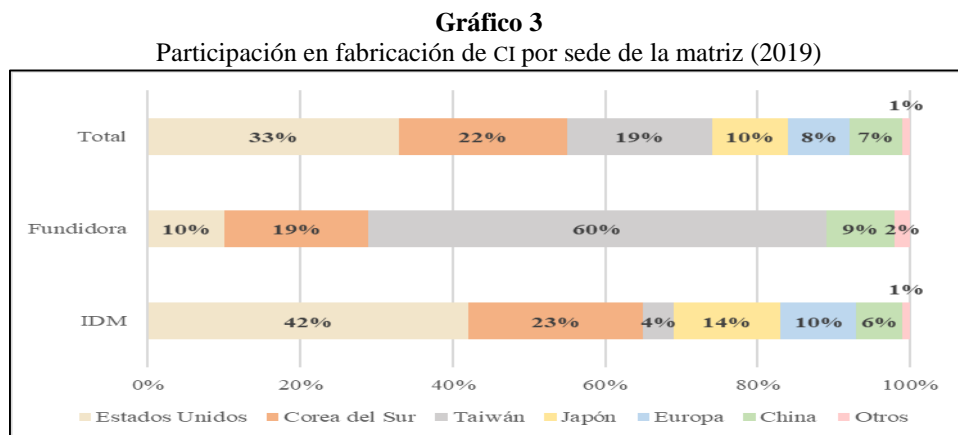
La fabricación consiste en preparar las obleas puras para convertirlas en un CI. Primero se les coloca un recubrimiento protector compuesto por tres capas de óxido de silicio, de nitruro de silicio y una fotorresistente, todo esto se hace con ayuda de equipos de formación de películas (*v.gr.* hornos de oxidación y equipos de deposición química o física). Posteriormente, a través de una retícula se proyecta una luz sobre la oblea con el fin de producir patrones en su superficie y una vez que la capa fotorresistente fue expuesta a la luz, se procede a retirarla químicamente. Luego, se utilizan gases para realizar un grabado sobre las áreas donde fue removida la capa fotorresistente para que enseguida la oblea reciba un baño de gases iónicos con el fin de dopar las áreas que fueron grabadas. Por último, se expone nuevamente la oblea al proceso de radiación con luz.

Debido a que es un proceso complejo, esta etapa se caracteriza por requerir altos montos de capital fijo para construir fábricas que requieren equipos sumamente costosos. Por lo anterior, el gasto en capital de este segmento representa el 65% de toda la industria y las empresas que se centran en la manufactura de CI aportan entre el 30 y 40% de sus ingresos anuales en este mismo rubro. Por lo mismo, los fabricantes requieren tener una capacidad utilizada de 90%, así como operar a gran escala (Varas *et al.*, 2021; SIA y Nathan Associates, 2016).

Por lo cual, esta etapa la dominan países con mano de obra calificada que tenga conocimientos de procesos y empresas intensivas en capital. Según Platzer *et al.* (2020), los costos de construcción de las fábricas de CI de vanguardia varían entre 7 y 20 mil millones de dólares, así como la construcción puede tardar de 2 a 5 años en finalizar, esto depende de qué tan avanzados son los CI por fabricar e incluso pueden ser obsoletas dentro de 6 años (Lewis, 2019). Los únicos fabricantes de CI avanzados con transistores menores a los 10 nm son TSMC, Samsung e Intel.

La fundición más grande es la taiwanesa TSMC con poco más del 50% de participación y alcanzó casi los 35 mil millones de dólares en ingresos durante 2019. La segunda en importancia es Samsung de Corea del Sur, lo cual es relevante porque es IDM. Por su parte, la fundición china SMIC se posicionó en el quinto lugar con una cifra aproximada de 4.5 mil millones de dólares (Kleinhans y Baisakova, 2020).

En cuanto a la capacidad de producción, las fundiciones o IDM que más fabrican son Samsung y SK Hynix (Corea del Sur), Micron (Estados Unidos), TSMC (Taiwán) y Kioxia (Japón) porque abarcaron el 53% de la capacidad mundial de obleas en 2019 y ha tenido un crecimiento de 17% en los últimos 10 años (Kleinhans y Baisakova, 2020), lo cual indica que el mercado cada vez está más concentrado. Las compañías líderes en esta área, Samsung y TSMC producen en promedio 3 millones de obleas cada mes y, por lo mismo, en Taiwán y Corea del Sur es donde más se producen obleas. Respecto a China, cada vez tiene una mayor capacidad de producción de obleas por las compañías extranjeras establecidas en su país como TSMC, Micron y SK Hynix, sin embargo, aún no son de última generación (**gráfico 3**).



Fuente: Khan *et al.* (2021).

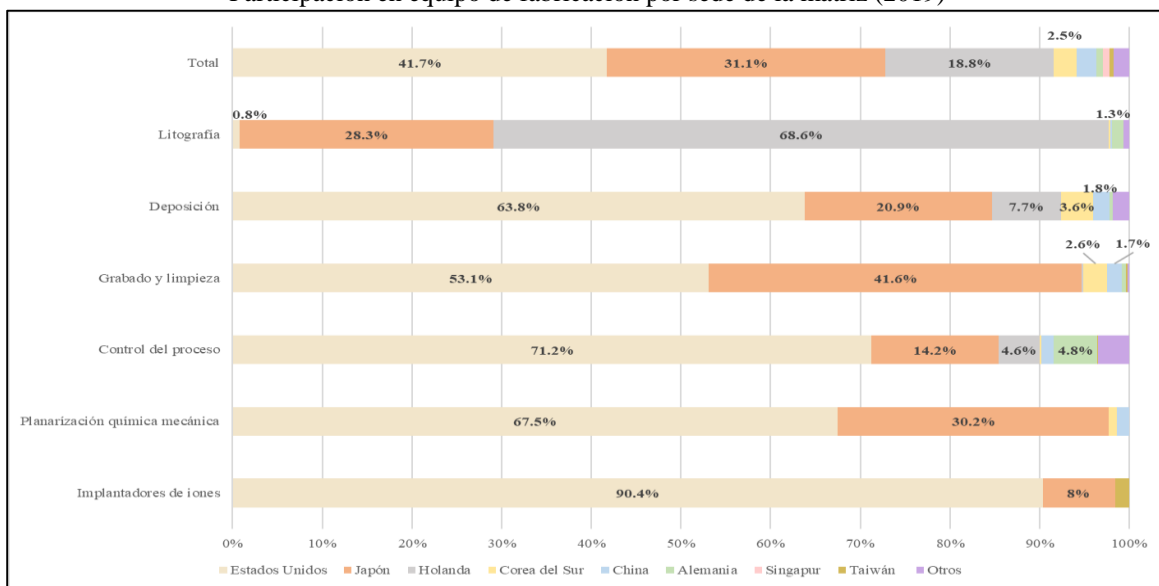
## Proveedores de equipo de fabricación

Las compañías que se encargan de aportar el equipo necesario para la fabricación de CI son AMAT, Lam Research y KLA Corporation de Estados Unidos, Tokyo Electron, Screen Semiconductor y Hitachi High Tech de Japón y ASML de Holanda (SIA y Nathan Associates, 2016). En 2019, el 57% de las ventas de Tokyo Electron se dirigieron a Taiwán y China y el 64% de ASML a Taiwán y Corea del Sur. Por su parte, TSMC (Taiwán) representó el 14% de las ventas de AMAT (Kleinhans y Baisakova, 2020). Como señala Varas *et al.* (2021), este tipo de empresas invierten entre el 10 y 15% de sus ingresos anuales en I+D, así como representan el 9% de la I+D de la industria.

Los principales equipos de fabricación son: i) grabado y limpieza, que remueven porciones no deseadas en la oblea y graban el patrón de conexiones eléctricas, ii) litografía, transfiere el patrón a la oblea; iii) deposición, que depositan material en las obleas; iv) control del proceso, monitorean la consistencia del proceso; v) planarización química mecánica, que aplanan la superficie de la oblea; vi) implantadores de iones, que agregan sustancias a las obleas para dar diferentes niveles de semiconductividad (Khan *et al.*, 2021).

Precisamente, esta área es la de mayor debilidad de la industria china de CI (SEMI, 2019). Su participación en equipo de fabricación avanzado es mínima, especialmente en equipo de litografía e implantadores de iones (**gráfico 4**).

**Gráfico 4**  
Participación en equipo de fabricación por sede de la matriz (2019)

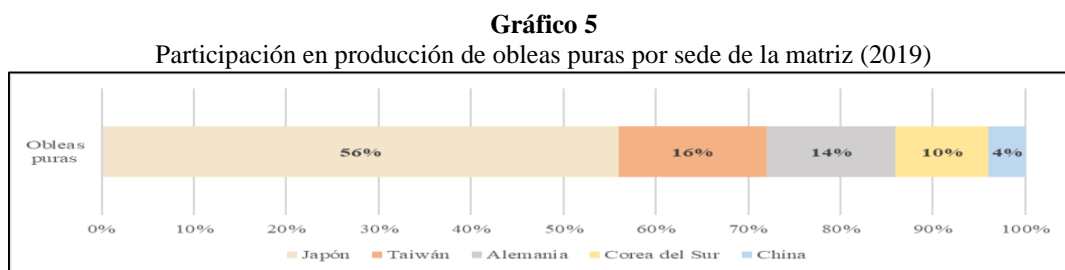


Fuente: Khan *et al.* (2021)

### Proveedores de obleas puras

Japón es el país que domina la producción de obleas puras de silicio (**gráfico 5**), pues Shin-Etsu y Sumco tienen una participación de mercado de 60%, mientras que el resto se divide entre Estados Unidos, Austria, Alemania y Taiwán (Khan *et al.*, 2021). Las dos empresas japonesas junto con GlobalWafers (Taiwán), Siltronic (Alemania) y SK Siltron (Corea del Sur) representan el 90% del mercado, a diferencia de los años 90's cuando se contaba con más de 20 empresas (Kleinhans y Baisakova, 2020).

Estas compañías se encargan de elaborar las obleas, que en realidad son rebanadas de silicio. Primero se tiene que fundir el silicio, el cual una vez líquido se transforma en un lingote con forma cilíndrica. Se corta para obtener las obleas de un espesor no mayor a 1 mm y posteriormente se pulen para conseguir una superficie lisa sin defectos.



Fuente: Khan *et al.* (2021).

A su vez, las empresas que producen obleas puras de silicio dependen de proveedores de silicio refinado. Dicho mercado cuenta con características semejantes, ya que sólo las compañías Sibelco (Bélgica) y The Quartz Corp (Estados Unidos) concentran alrededor del 85% del mercado global. El resto de las empresas que destacan son Dorfner Anzaplan (Alemania), Jiangsu Pacific Quartz y Donghai Shihu Quartz (China) y Momentive Materials (Estados Unidos). En cuanto a los participantes chinos, éstos han llamado la atención recientemente debido a la diferencia de precios con respecto a los líderes (Fact.MR, s.f.).

### Proveedores de materiales químicos

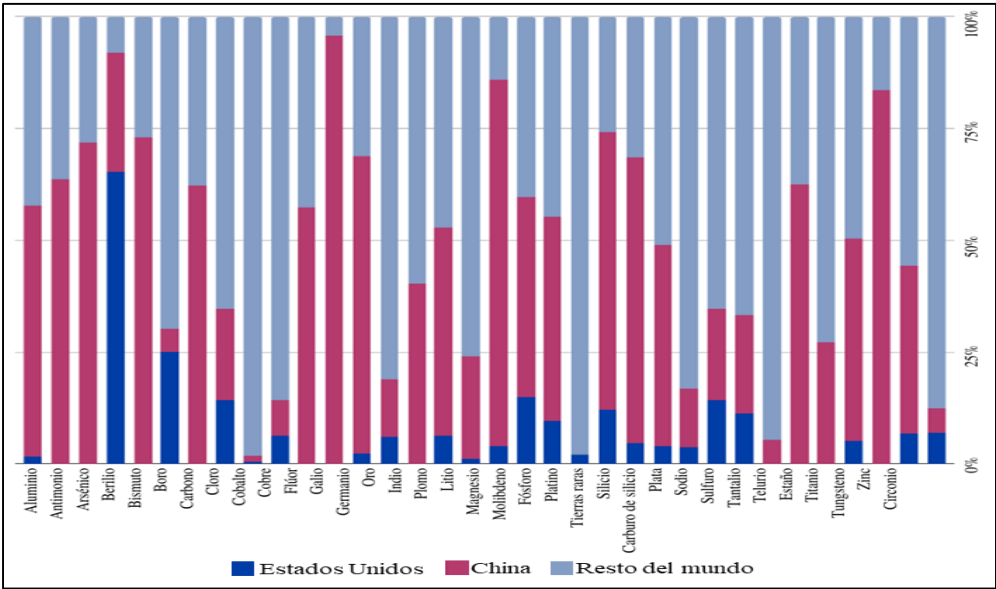
Por otro lado, el mercado de productos químicos requeridos para la fabricación está dominado por las siguientes empresas japonesas: Shin-Etsu Chemical, Sumitomo Chemical y Mitsui Chemicals. Otras empresas importantes son las europeas BASF, Linde y Merck KGaA (Kleinhans y Baisakova, 2020). En este caso, la inversión de capital de las empresas

promedia el 13 y 20% de sus ingresos anuales, lo cual significa una participación del 6% en el gasto de capital de la industria (Varas *et al.*, 2021).

Entre los principales materiales se incluyen: i) polisilicio; ii) fotomáscaras, material que impide o permite el paso de la luz; iii) fotorresistencias, material que reacciona al ser expuesto a la luz; iv) químicos de procesamiento húmedo, utilizados para la limpieza en el proceso de manufactura; v) gases, para proteger a las obleas; vi) lodos de planarización química mecánica, para pulir la superficie de la oblea.

Al mismo tiempo, estas compañías dependen de materia prima (**gráfico 6**). En general son las empresas chinas los principales proveedores (con excepción del cobalto y el platino), mientras que Estados Unidos produce una pequeña cantidad de la mayoría de los materiales (Khan *et al.*, 2021). Este mercado fue de 46.7 miles de millones de dólares en 2019, de los cuáles 64% pertenecen a los materiales usados en la etapa de manufactura y el resto en el embalaje (Techcet, 2020).

**Gráfico 6**  
Participación en suministro de materias primas por sede de la matriz (2019)



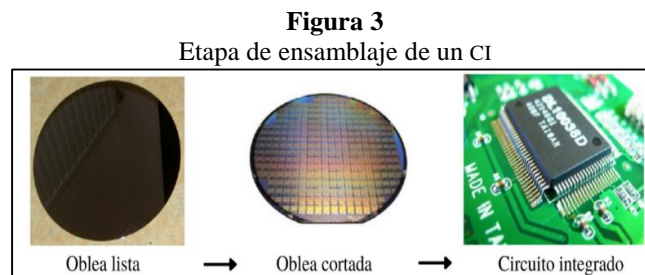
Fuente: USGS (2020).

**2.3.5 Cuarta etapa: ensamblaje, prueba y embalaje**

Como último paso dentro del proceso de producción se encuentra la etapa OSAT, la cual es necesaria para su posterior uso en dispositivos electrónicos. El primer paso de esta etapa comienza una vez que se tiene la oblea lista para poder ser cortada con una cuchilla de

diamante en pequeños cubos o dados, los cuales serán el núcleo del CI. Después se procede a montar los cubos en marcos donde se les colocan delgados cables que los conectan a terminaciones en forma de patas y, en seguida, son puestos y calentados en moldes donde el cubo es recubierto por plástico y se le da la forma tradicional de CI (**figura 3**).

Posteriormente, se realiza un tratamiento de estaño y plomo a las patas con el fin de incrementar su conductividad y facilitar su uso. Luego de darle forma a las patas, los CI son colocados en tubos antiestáticos para su manejo y traslado al área de pruebas. Ahí se verifica que los CI no hayan sido dañados al momento de ser empaquetados y que las conexiones internas funcionen correctamente. Después, por medio de un láser se añade el número de serie y nombre (**figura 3**). Una vez listo el CI ya puede ser enviado a distribuidores o vendido directamente a productores de bienes electrónicos, que son el enlace para su llegada a otras industrias y a fabricantes de equipo original (OEM, por sus siglas en inglés).

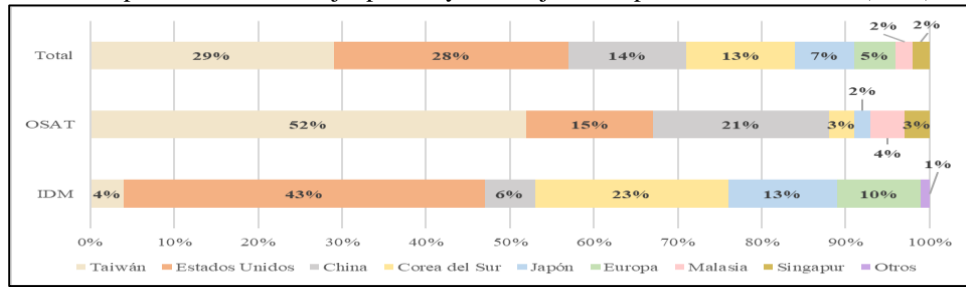


Se caracteriza por ser intensiva en mano de obra en comparación con las otras actividades, se necesitan plantas y equipo de trabajo menos costosos, por lo que los márgenes de ganancia suelen ser más bajos. Esta etapa representa el 13% del gasto de capital de la industria y las empresas especializadas en esta actividad tienen una inversión de capital aproximadamente del 15% de sus ingresos anuales (Varas *et al.*, 2021).

Debido a que suele ser una actividad que se establece en países con menores costos laborales y que requiere estar cerca de las empresas OEM, no es de extrañarse que casi la totalidad de las compañías OSAT se encuentren en el continente asiático (**gráfico 7**). De acuerdo con Varas *et al.* (2021), 9 de las 10 empresas OSAT más importantes se encuentran en China, Taiwán y Singapur, sobre todo en los dos primeros porque el 60% de las actividades de ensamblaje se encuentran en estos países.

**Gráfico 7**

Participación en ensamblaje, prueba y embalaje de CI por sede de la matriz (2019)



Fuente: Khan *et al.* (2021).

El mercado de las empresas OSAT ha crecido aproximadamente de 17 a 30 mil millones de dólares, es decir, 77% en los últimos 10 años. Se tiene un comportamiento similar que los demás mercados que conforman toda la cadena de valor, ya que cada vez está más concentrado porque de 2009 a 2019 las 20 empresas más grandes pasaron de tener el 70 al 90% de participación de mercado (Kleinhans y Baisakova, 2020).

Las empresas taiwanesas representaron la mayor participación del mercado de las empresas OSAT con el 53% en 2019, del cual la compañía ASE significó la mitad de ese porcentaje; después se posicionaron las empresas chinas, porque tan solo JCET representó el 19%.; y en tercer lugar se encuentra Estados Unidos con el 13%, sin embargo, este dato lo representa únicamente Amkor Technologies. El crecimiento más sorprendente es el de las empresas chinas porque hace 10 años su participación apenas representaba el 3%, mientras que las taiwanesas ya significaban el 41% y las estadounidenses continúan igual. Por su parte, países como Malasia y Singapur han perdido su significancia en los últimos 10 años (Kleinhans y Baisakova, 2020).

### **Proveedores de equipo de ensamblaje y materiales químicos**

Como señalan Kleinhans y Baisakova (2020), esta etapa también requiere de proveedores de equipo de ensamblaje y materiales químicos, pero en una menor proporción que en la etapa anterior, ya que una línea de producción en 2018 costaba entre 100 y 200 millones de dólares.

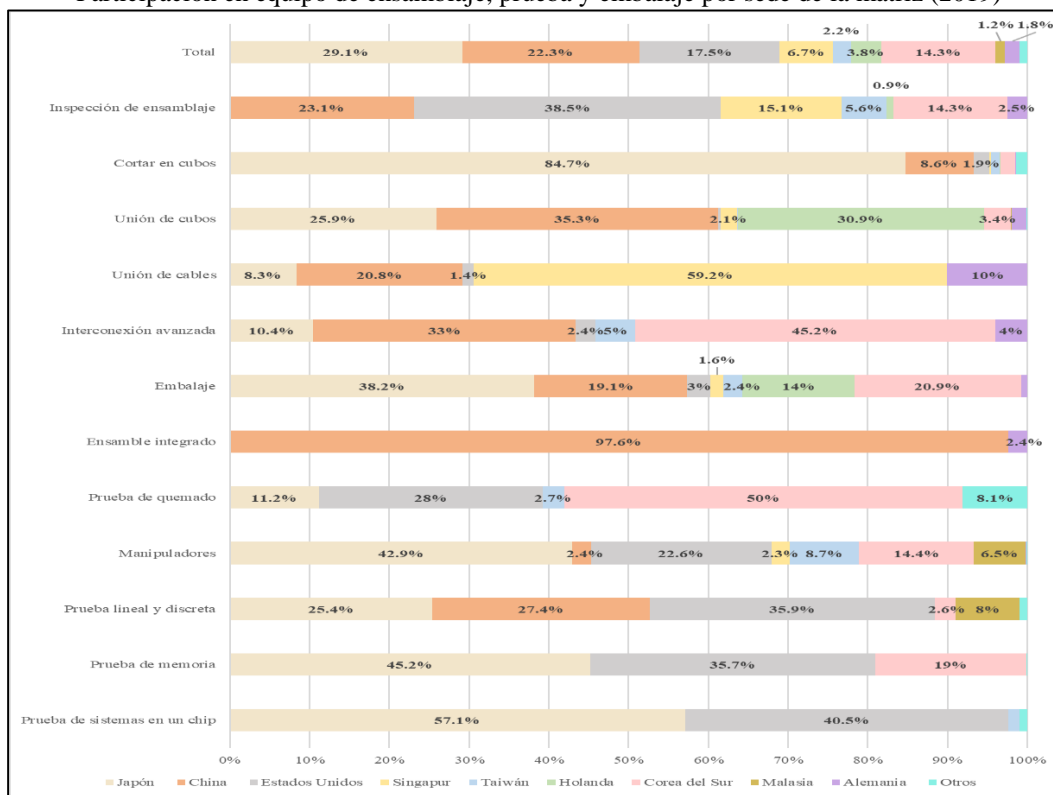
En particular se requieren equipos para realizar la inspección del ensamblaje, cortar las obleas, unir los cubos a los marcos metálicos, añadir cables a los cubos, realizar las interconexiones eléctricas, embalaje, ensamblaje integrado (Khan, *et al.*, 2021) y equipo para realizar pruebas de quemado donde se opera el circuito en condiciones extremas durante un



tiempo determinado (TWI, s.f.). También se requieren manipuladores, prueba lineal y discreta que ponen a prueba el circuito con diferentes rangos de señales (Linear Integrated Systems, 2019). Asimismo, prueba de memoria para comprobar que el circuito almacene correctamente la información y prueba de sistemas en un CI para asegurarse que en conjunto todo funcione correctamente.

Los países que producen herramientas para el ensamblaje y embalaje son Japón, China, Singapur y Estados Unidos, mientras que el equipo de pruebas es proporcionado por Japón, Estados Unidos y Corea del Sur (Khan *et al.*, 2021). Hablando de categorías de maquinaria, el área más fuerte de China es el equipo de ensamblaje y embalaje (**gráfico 8**). De acuerdo con Ding Yi (2020), las empresas chinas están realizando adquisiciones de otras empresas de equipo de pruebas para buscar incrementar su competitividad en este rubro.

**Gráfico 8**  
Participación en equipo de ensamblaje, prueba y embalaje por sede de la matriz (2019)



Fuente: Khan *et al.* (2021).

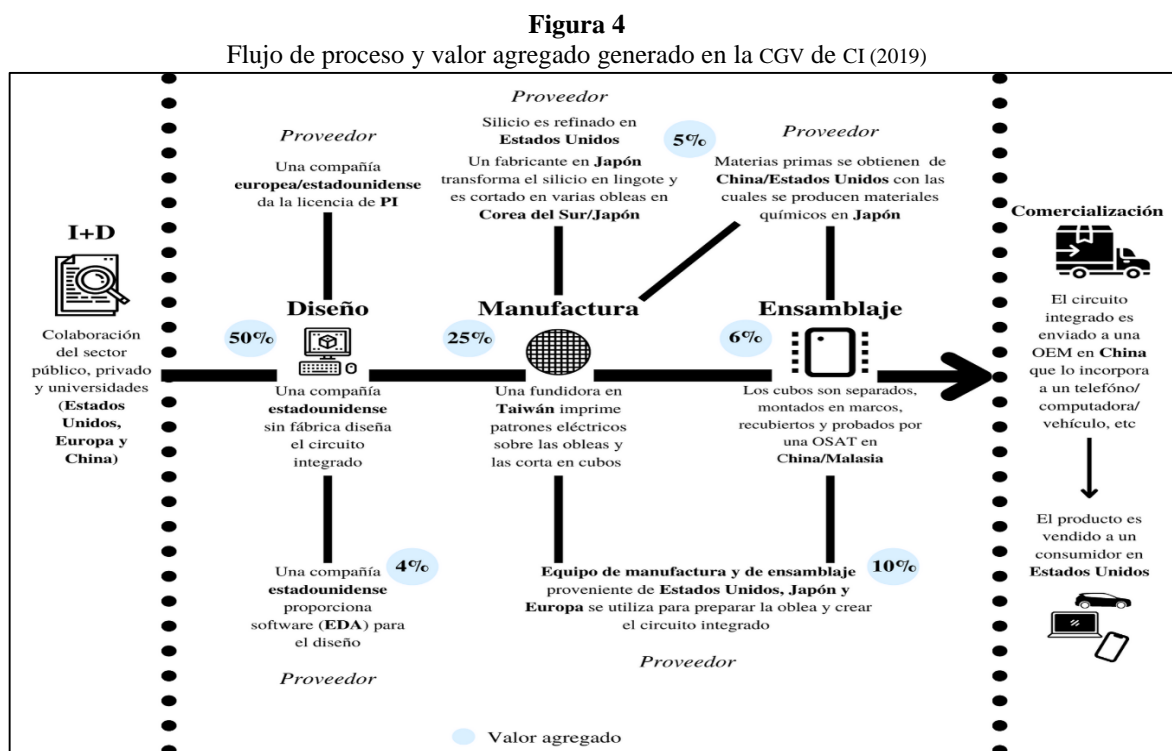
Asimismo, se necesitan materiales químicos para los marcos que albergan los dados, los cables de conexión, el empaque cerámico, las resinas que sirven como aislantes y material

de unión de los cables a los cubos. Al igual que en la etapa de manufactura, Japón continúa siendo el líder en la proveeduría de materiales químicos (Khan *et al.*, 2021).

### 2.3.6 ¿En qué segmento se genera el valor agregado?

Con arreglo a estimaciones de la SIA, el 90% del valor agregado de los CI se origina en las etapas de diseño y fabricación, mientras que únicamente el 10% resulta de la etapa de ensamblaje, prueba y embalaje (VerWey, 2018). Debido a que la última etapa es la que tiene un menor valor de producción, su actividad fue la primera que se subcontrató (Platzer *et al.*, 2020).

En cambio, si se hace un análisis a nivel de empresa resulta que las participaciones se encuentran más distribuidas (**figura 4**). En 2019, las compañías dedicadas al diseño añadieron el 50% del valor, un 25% las empresas destinadas a la fabricación, otro 10% los proveedores del equipo y herramientas para producir, apenas 6% las empresas subcontratadas para las actividades de ensamblaje, un 5% los proveedores de materiales y otro 4% los proveedores de software EDA y PI (Varas *et al.*, 2021).



Fuente: elaboración propia con base en Varas *et al.* (2021).

Por otro lado, si el interés es identificar el lugar de origen de las empresas que dominan cada una de las actividades antes mencionadas se puede decir que las compañías estadounidenses tienen una mayor presencia en la generación de valor agregado de las actividades intensivas en I+D, mientras que las empresas de los países asiáticos dominan la apropiación de valor agregado de las actividades intensivas en capital y mano de obra.

La etapa de diseño incluyendo a las compañías que diseñan los CI y a los proveedores de software EDA y PI, está dominada por empresas de Estados Unidos. Sin embargo, cada vez hay una mayor presencia de compañías de otros países que crean CI, de los cuales Estados Unidos (44%), Corea del Sur (23%), Japón (12%) y Europa (9%) destacan en la generación de valor agregado. Empero, el mercado de software EDA y PI se encuentra tan concentrado que sólo Estados Unidos (74%) y Europa (20%) significan prácticamente la totalidad del valor agregado de esta sección (**gráfico 9**).

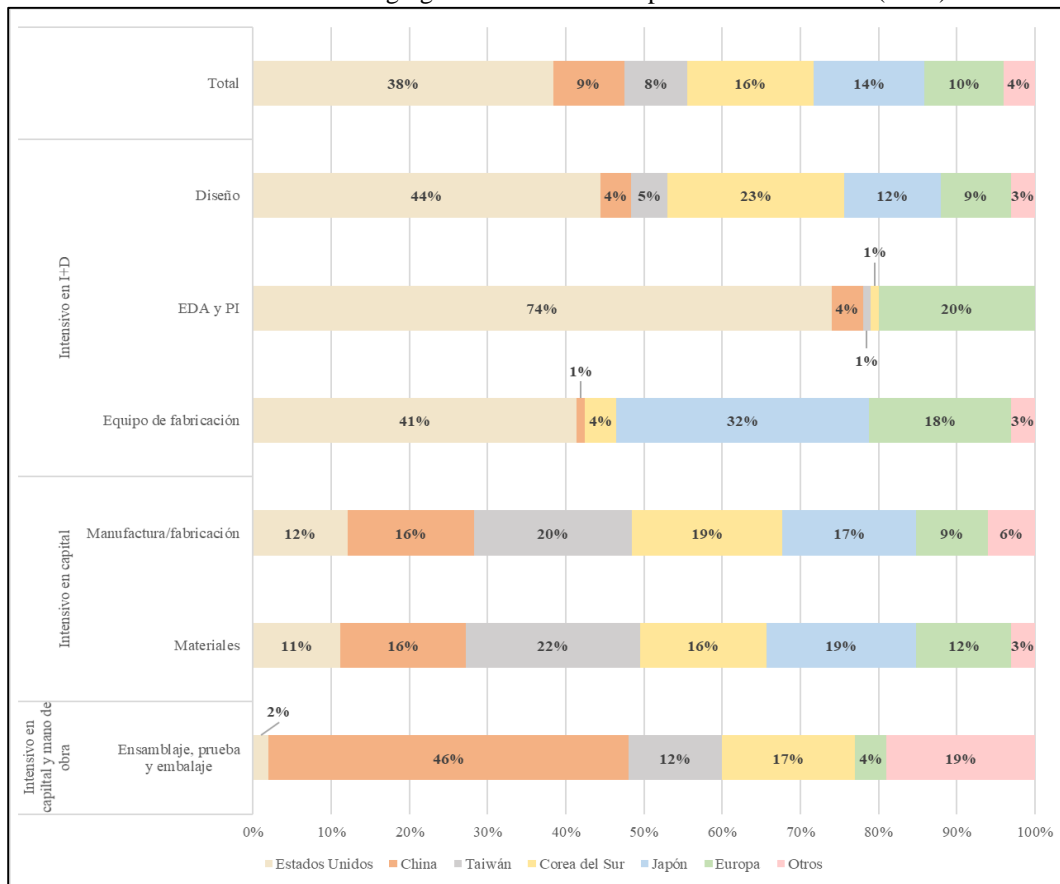
Respecto a la etapa de fabricación, que incluye a las compañías que realizan la manufactura de un CI y a los proveedores de materiales y equipo de fabricación, se puede mencionar que tiene una mayor presencia de países, aunque con predominancia asiática: Japón, Corea del Sur, Taiwán y China. Si bien, las compañías de Estados Unidos (12%) y Europa (9%) tienen una participación en el valor agregado de la fabricación de los CI, en realidad son empresas de Taiwán (20%), Corea del Sur (19%), Japón (17%) y China (16%) quienes se apropian de este segmento (**gráfico 9**).

En cuanto a los proveedores de materiales químicos y de obleas puras, la distribución del valor agregado se encuentra prácticamente igual que el de la fabricación de CI, aunque aumentan un poco su participación Taiwán (22%), Japón (17%) y Europa (12%). Por otro lado, la proveeduría de equipo de fabricación se concentra en Estados Unidos (41%), Japón (32%) y Europa (18%), porque generan cerca de la totalidad del valor agregado de este mercado (**gráfico 9**).

Por lo que concierne a las actividades relacionadas con el ensamblaje, prueba y embalaje de un CI, se puede decir que 3/4 partes de la generación del valor agregado está dominada por empresas de China (46%), Corea del Sur (17%) y Taiwán (12%). Cabe resaltar

que es la etapa donde la presencia de compañías de Estados Unidos (2%) y Europa (4%) es mínima (**gráfico 9**).

**Gráfico 9**  
Distribución del valor agregado en la CGV de CI por sede de la matriz (2019)



Fuente: Varas *et al.* (2021).

### 2.3.7 Estilo de gobernanza

Por último, se puede decir que considerando todas las etapas de la CGV que nos ocupa y los modelos de negocio existentes, el estilo de gobernanza es de tipo relacional. El hecho de que la industria de CI necesita destinar bastantes recursos a las actividades de I+D y altos montos de capital originó que las empresas buscaron una modalidad de relacionarse a partir de la especialización en cierto segmento del proceso productivo.

Por ejemplo, la modalidad planta sin fábrica requiere altos niveles de coordinación entre las empresas dedicadas al diseño y las fundiciones que son el lugar donde se lleva a cabo la fabricación. Debido a que ambos deben constar de elevadas capacidades, el poder se reparte de forma equitativa para obtener competencias complementarias. Tal es el caso de

Qualcomm que requiere de la tecnología con que cuenta TSMC para que fabrique sus diseños de CI de 5nm. Asimismo, TSMC requiere de todos los detalles y diseños del desarrollo del CI para poder producirlo (Roca, 2021).

Mientras que, las empresas encargadas de ensamblar, hacer pruebas y empaquetar (*v.gr.* Amkor Technologies, ASE y JCET) también deben estar fuertemente coordinadas con las empresas líderes y contar con ciertas capacidades en conocimiento de técnicas y herramientas.

Asimismo, se requiere de una alta especialización de los proveedores de software EDA, PI, equipo de fabricación y materiales químicos (*v.gr.* Synopsys, Shin-Etsu y Cadence), los cuales brindan las herramientas para poder realizar las funciones de cada segmento. Las empresas líderes necesitan tener fuertes vínculos con las empresas de apoyo porque dependen de los avances tecnológicos que logren para crear cada vez CI más sofisticados. Esto ha originado que la dependencia mutua entre ambas partes sea mayor y compleja con el tiempo.

Incluso, las compañías comúnmente conocidas por estar integradas de manera vertical (*v.gr.* Infineon, NXP, STMicroelectronics) han ido adoptando características de la modalidad planta sin fábrica porque los procesos de innovación de la industria son tan cortos que resulta complicado mantener las instalaciones de fabricación para ir a la par del avance tecnológico y, por esta razón, han optado por enfocarse en diseñar los CI de vanguardia (Platzer *et al.*, 2020; SIA y Nathan Associates, 2016).

## **2.4 Conclusiones preliminares**

Un CI es un componente electrónico que funciona a partir de materiales semiconductores y se puede clasificar como digital, analógico e híbrido. Desde su creación en 1958 ha sido un elemento fundamental para la electrónica y en los últimos años ha elevado sus vertientes de demanda por el continuo aumento del uso de las tecnologías disruptivas en industrias de alto valor agregado como la automotriz y aeroespacial, entre otras.

Por tal razón, su cadena de valor se caracteriza por requerir altos montos de inversión en bienes de capital e I+D para estar al frente tecnológico. La elaboración de un CI es tan compleja que necesita: i) elevados niveles de conocimiento de técnicas de fabricación y de

softwares avanzados; ii) la compra de licencias de PI cada cierto tiempo; iii) un continuo mantenimiento y actualización de las fábricas porque los procesos de innovación son muy cortos; iv) equipos y herramientas de fabricación sumamente costosos. Por ejemplo: el diseño de un CI varía de 170 a más de 540 millones de dólares; la construcción de una fábrica requiere una inversión de 7 a 20 mil millones de dólares, estar lista dentro de 2 a 5 años y ser obsoleta en 6 años. Todo lo cual depende de qué tan avanzados sean los CI por producir.

Por consiguiente, la especialización se ha convertido en una particularidad de esta industria y el tipo de poder que ejercen las empresas líderes es relacional porque todos los actores económicos que participan en la CGV están fuertemente coordinados y dependientes unos de otros. Por ello es que la base de esta cadena es el modelo planta sin fábrica, el cual permite la separación de la etapa de diseño de la de fabricación y empaquetado.

En consecuencia, la CGV que nos ocupa se distingue por tener algunos puntos críticos. En particular: i) Estados Unidos es el proveedor más importante de tecnología avanzada como software EDA y PI; ii) Europa es el principal proveedor de equipo de litografía; iii) Japón domina el mercado de materiales químicos; iv) en Taiwán y Corea del Sur se encuentran las fábricas donde se producen los CI más avanzados hasta el momento.

Dado que estamos ante la presencia de vínculos de tipo relacional, la apropiación de valor agregado se encuentra distribuida a lo largo de la cadena: i) el diseño concentra la mitad; ii) la fabricación absorbe una cuarta parte; iii) el ensamblaje un 6%; iv) el resto lo generan los proveedores de software, PI, equipo de fabricación y materiales químicos.

Dicho lo anterior, la posibilidad de escalamiento con el fin de generar un mayor aprendizaje de conocimiento es factible gracias a la existencia de vínculos de tipo relacional. Sin embargo, esto podrá ser una realidad únicamente si se crean las capacidades en el entorno para que los actores económicos puedan enfrentar las elevadas barreras a la entrada como lo son los altos montos de inversión y superioridad tecnológica.

### **Capítulo 3. Tendencias de la industria de circuitos integrados en el mundo**

A pesar de lo que significan los CI para el futuro de la economía global, su industria es un mercado que se encuentra sumamente concentrado. La necesidad de contar con CI cada vez más sofisticados para lograr innovaciones en otros sectores la convierten en una industria que debe estar a la vanguardia y sólo pocas empresas pueden con la competencia tecnológica que conlleva. Por ello es que actualmente la demanda está superando la capacidad de producción, lo cual se ha elevado por consecuencia del desabasto global de CI que vino tras el confinamiento por la COVID-19.

El tema es de tal relevancia que todas las economías están poniendo el foco de atención en la posición en la que se encuentran dentro de esta CGV con el fin de plantear soluciones que les permitan reducir riesgos y evitar paros en otras cadenas de valor. Tal es el caso de México que no se caracteriza por ser un productor de CI, sin embargo, participa en el comercio como uno de los principales importadores a nivel mundial.

Por tal razón, en este capítulo se identifican las principales tendencias de la industria global de CI y las características de la industria mexicana que nos ocupa. El capítulo se divide en cinco secciones. En la primera sección se hace referencia a los principales actores económicos en términos de ventas mundiales, gasto en I+D y bienes de capital. Posteriormente, se muestra la coyuntura del desabasto de CI que presenta el mercado global.

En la sección dos se analizan las exportaciones e importaciones de CI para identificar qué países dominan su comercio. En la sección tres, se expone el valor agregado generado por país para identificar qué economías han fortalecido su industria nacional.

En la sección cuatro, se detallan las características de la industria de CI en México a partir de diversos indicadores como producción, empleo, inversión, valor agregado de exportación, entre otros. Después, se comenta sobre la falta de producción nacional de CI y se respalda con el comercio exterior que realiza México. La sección cinco presenta las conclusiones preliminares.

### **3.1 Mercado global**

Por este motivo, vale la pena comentar sobre la composición del mercado global (economías y empresas líderes). De acuerdo con información de la SIA (2021), las compañías estadounidenses son las que tienen una mayor participación en el mercado global (47%), seguido de las empresas de Corea del Sur (20%), las japonesas y europeas (10%), las taiwanesas (7%) y las chinas (5%).

#### **3.1.1 Estados Unidos**

Las empresas estadounidenses son las líderes en la industria de CI porque tienen participación en toda la CGV. Es el único país que tiene dominio dentro del proceso productivo como en el mercado de proveeduría, especialmente en el software EDA, PI y equipo de fabricación.

Desde el punto de vista de las ventas mundiales, sus principales compañías son IDM (51%) y empresas que se dedican al diseño de CI (62%), aunque también tienen una participación menor en el negocio de fabricación (10%) y ensamblaje (17%) (Grimes y Du, 2020).

Desde el 2010, se puede decir que 6 empresas estadounidenses han estado presentes dentro de las 10 compañías más grandes de la industria y han significado alrededor de 1/3 de los ingresos mundiales; tan solo Intel representa una séptima parte del total (**cuadro 4**). Esto ha sido posible por las ventajas competitivas que tienen en I+D, diseño y tecnología de CI.

En 2019, las empresas estadounidenses invirtieron en promedio el 16.4% de sus ingresos en I+D y representaron el 28% del gasto global en bienes de capital (SIA, 2020). De acuerdo con Lewis (2019), la inversión que realiza Intel en I+D significa aproximadamente el 30% de la industria. Por esta razón, Intel se posicionó como la séptima multinacional que más gasta en I+D como porcentaje de sus ventas con un gasto de 13.5 mil millones de dólares, representando una intensidad de 19.1% (UNCTAD, 2019).

#### **3.1.2 Corea del Sur**

La relevancia de Corea del Sur dentro de la industria de CI se debe principalmente a compañías IDM y, en menor medida a empresas dedicadas a la fabricación de CI, ya que significan el 28% y el 6% de los ingresos mundiales de este tipo de empresas (Grimes y Du,



2020). En 2019 Corea del Sur fue la economía que menos invirtió en I+D (7.7%) como porcentaje de sus ventas. Sin embargo, es el país que más participó en el gasto global de bienes de capital (31%), lo cual indica que está buscando ser más competitivo por esta vía (SIA, 2020).

La empresa surcoreana más importante en la industria de CI es Samsung. Desde hace 20 años es la segunda empresa con mayor importancia del mercado y actualmente representa más del 10% de los ingresos totales (**cuadro 4**). En 2018 se situó como la tercera multinacional que más gastó en I+D como porcentaje de sus ingresos con 16.5 mil millones de dólares, lo que significó una intensidad de 7.5% (UNCTAD, 2019). En cuanto al gasto en bienes de capital, un dato relevante es que en 2019 esta empresa anunció que invertirá alrededor de 116 mil millones de dólares en el segmento de fabricación de CI hasta 2030 (Kim, 2019). Mientras que SK Hynix, la cuarta empresa en importancia dentro del mercado (**cuadro 4**), fue la sexta multinacional emergente que más invirtió en I+D durante el 2018 gastando 2.04 mil millones de dólares, lo cual representó una intensidad de 5.6% (UNCTAD, 2019).

### 3.1.3 Taiwán

Siguiendo el indicador de ventas mundiales, la importancia de las empresas taiwanesas dentro de la CGV de CI se debe al negocio de fabricación (73%) y al de ensamblaje (54%), y en menor medida a las compañías que se dedican al diseño de CI (18%) (Grimes y Du, 2020).

En 2019 Taiwán fue la tercera economía que más invirtió en I+D (10.3%) y en bienes de capital (17%) como porcentaje de sus ingresos (SIA, 2020). Dos empresas taiwanesas están dentro del grupo de las 10 multinacionales emergentes que más gastaron en I+D, las cuales son UMC con 423 millones de dólares representando una intensidad de 8.5% y ASE Technology con una inversión de 394 millones de dólares significando una intensidad de 4% (UNCTAD, 2019).

Sin embargo, sólo TSMC ha logrado estar dentro de las 10 compañías más importantes de esta industria y ser durante los últimos 10 años la tercera empresa más grande con una participación de mercado de aproximadamente 7% (**cuadro 4**). Esta empresa es la fundición

más importante a nivel mundial por su capacidad de producción y en donde se fabrican los CI de mayor vanguardia tecnológica.

### **3.1.4 Japón y Europa**

La participación de estas economías dentro del proceso productivo es menor. Su presencia en las ventas mundiales se debe a las compañías IDM: Japón (11%) y Europa (7%) (Grimes y Du, 2020); tal es el caso de Kioxia (2%) (**cuadro 4**). Por su parte, las compañías europeas continuamente dependen de empresas que fabriquen sus diseños y van quedando rezagadas de la fabricación de CI (Kleinhans y Baisakova, 2020).

Más bien, el rol de Japón y Europa en esta CGV es en el mercado de proveeduría. Por esta razón, en 2019 sus empresas invirtieron más en I+D que en bienes de capital. Japón gastó 8.4% en I+D y participó con el 5% del gasto global en bienes de capital, mientras que Europa asignó 15.3% en I+D y 4% en el gasto global de bienes de capital (SIA, 2020).

### **3.1.5 China**

Las empresas chinas tienen una participación menor en la CGV, sin embargo, están buscando aumentar su presencia por medio de grandes inversiones en I+D y capital. En 2019 el gasto en I+D como porcentaje de sus ventas fue de 8.3% y participaron con el 10% del gasto global en bienes de capital (SIA, 2020). Durante el 2017, dos de las diez empresas multinacionales emergentes que más invirtieron en I+D son chinas y pertenecen a la industria de CI. Estas empresas son Huawei con un gasto de 15.3 mil millones de dólares significando una intensidad de 14.1% y Midea Group con un gasto de 1.21 mil millones de dólares representando una intensidad de 3.1% (UNCTAD, 2019).

Durante el 2019 los segmentos relevantes para las empresas chinas fueron el diseño (15%) y ensamblaje (19%) (Kleinhans y Baisakova, 2020). El segmento de diseño chino está creciendo rápidamente porque desde el 2015 sus ingresos superan los 20 mil millones de dólares (Lewis, 2019). En el 2018 HiSilicon, la filial de diseño de CI de Huawei, estuvo a punto de superar a Mediatek como la principal compañía asiática de diseño de CI porque tuvo ingresos de 7.6 mil millones de dólares y creció 34.2%, mientras que la taiwanesa generó 7.9 mil millones de dólares y creció 0.9% (Lin, 2019).

De acuerdo con Kleinhans y Baisakova (2020), la brecha tecnológica de las empresas chinas con las occidentales aún es grande, sin embargo, las empresas de distintas etapas de la cadena están trabajando juntas para poder lograr la autosuficiencia en un futuro. Por ejemplo, Huawei y JCET colaboran para mejorar los procesos de producción de empaques de vanguardia que JCET le puede proveer a Huawei. Un pronóstico de IC Insights indica que en 2023 aproximadamente el 50% de la producción de CI en China estará representada por empresas extranjeras como Intel, Samsung, TSMC y SK Hynix (Grimes y Du, 2020), lo cual lo cual hace diez años comprendía el 90% (Ernst, 2013).

**Cuadro 4**  
Principales empresas de la industria de CI con respecto a sus ventas  
(miles de millones de dólares y % mercado)

Compañía	Sede de la matriz	Modelo Operativo	2000		2010		2019	
			\$	%	\$	%	\$	%
Intel	Estados Unidos	IDM	29.7	13.59	40.2	18.80	69.8	13.85
Samsung	Corea del Sur	IDM	10.6	4.85	32.5	15.19	51.8	10.27
TSMC	Taiwán	Fundidora	-	-	13.3	6.23	34.5	6.84
SK Hynix	Corea del Sur	IDM	-	-	10.4	4.88	22.3	4.42
Micron	Estados Unidos	IDM	-	-	9.1	4.26	20.0	3.96
Broadcom	Estados Unidos	Sin fábrica	-	-	6.6	3.08	15.9	3.16
Qualcomm	Estados Unidos	Sin fábrica	-	-	7.2	3.37	14.3	2.84
Texas Instruments	Estados Unidos	IDM	9.6	4.39	13.0	6.10	12.7	2.52
Nvidia	Estados Unidos	IDM	-	-	3.6	1.67	10.5	2.09
Kioxia	Japón	IDM	11.0	5.03	13.0	6.10	9.8	1.95

Nota: el orden es de acuerdo con los ingresos de 2019.

Fuente: elaboración propia con base en IC Insights (2020) y (2011).

### 3.1.6 Escasez global de circuitos integrados

Actualmente, el mercado global de CI se encuentra en una situación complicada por el abrupto aumento de su demanda, el cual ha originado un desabastecimiento en otras industrias porque el interés por comprar CI se eleva conforme se avanza a la era de la digitalización y el uso de las tecnologías modernas.

Sin embargo, el confinamiento que se llevó a cabo durante el 2020 para detener la pandemia por la COVID-19 es una de las principales causas que generaron este desabasto. Los consumidores aumentaron la demanda de productos electrónicos para trabajar y estudiar a distancia o entretenerse y esto dio como resultado que la demanda superara la oferta de CI en un 30% (RT, 2021). Por tal razón, las empresas más grandes de la industria que son Intel,

Samsung y TSMC ya planean hacer grandes inversiones a futuro con el fin de elevar su capacidad de producción (The Economist, 2021).

Asimismo, otros factores han contribuido a la disrupción de la cadena de valor de CI y aumentado el desabasto. Por ejemplo, Taiwán vive su peor sequía en 50 años y el gobierno optó por restringir el uso del agua, lo cual afectó a TSMC porque utiliza 156 mil toneladas de agua al día (elEconomista.es, 2021). Esto se suma al corte de energía que hubo en diciembre de 2020 y que redujo 10% el suministro mundial de memorias DRAM, así como en octubre de 2020 y febrero de 2021 hubo dos incendios en fábricas dedicadas a la etapa de ensamblaje (Varas *et al.*, 2021).

Otros casos relevantes son los cortes de energía que hubo a principios de 2021 en Texas y que frenaron la producción de una planta de Samsung, la cual tardó un mes en retomar operaciones. También una fábrica de Renesas en Japón frenó su producción de CI un mes por un incendio y aún no recupera sus operaciones al 100% (Domínguez, 2021). Otro problema que surgió fue que debido al confinamiento cerró el puerto Yantian de China, que es la ubicación donde pasa el 90% de los productos electrónicos, lo cual generó una acumulación de contenedores. A pesar de que el puerto ya está abierto, se han generado cuellos de botella por la enorme cantidad de pedidos que se almacenaron (Feder, 2021).

Además, otro punto que se considera una causa de la escasez global de CI es el impacto de la disputa tecnológica entre Estados Unidos y China. Cuando el gobierno de Estados Unidos prohibió en 2019 la venta de CI con tecnología estadounidense a Huawei, lo que sucedió fue que esta empresa almacenara la mayor cantidad de CI que pudo antes de que entrara en vigor la restricción. Esto ocasionó un “efecto Huawei” porque muchos competidores chinos comenzaron a hacer lo mismo por temor a que tuvieran las mismas limitantes. Otro aspecto ha sido la prohibición a la empresa SMIC de tener acceso a equipo de fabricación, lo cual redujo su producción y ha originado que se tengan que buscar otros proveedores como TSMC, quien no se ha dado abasto (Klayman y Nellis, 2021).

Todo lo anterior ha traído consecuencias importantes para los grandes consumidores de CI, aunque sobresale la industria automotriz por ser la más afectada. Este caso es relevante porque las decisiones de las empresas automotrices se sumaron al tema del desabasto.

Cuando inició la pandemia esta industria paralizó su producción y dejó de solicitar y consumir CI. Por lo tanto, los fabricantes de CI dejaron de proveer a las automotrices y se enfocaron en suministrar a las empresas de electrónicos de consumo (Klayman y Nellis, 2021).

A diferencia de lo que se pensaba, la demanda de automóviles se está recuperando rápidamente. Las compañías automotrices se están enfrentando a una escasez de CI y a retrasos por la competencia entre las industrias. Por consiguiente, muchas empresas tuvieron que reducir sus niveles de producción porque en promedio la fabricación de un automóvil requiere de 100 CI (Domínguez, 2021). Por otro lado, la electrónica de consumo y electrodomésticos también han tenido que retrasar sus lanzamientos.

En resumen, cualquier industria que requiera de un CI para sus líneas de producción tendrá impactos por la escasez global, por lo que en el corto plazo se puede esperar que cualquier producto que lleve un CI aumente su precio. De acuerdo con Patt Gesingler, quien es el director de Intel, los problemas de suministro de CI se solucionarán mínimamente hasta 2023 cuando la oferta logre alcanzar a la demanda (Feder, 2021).

### **3.2 Comercio**

Ahora vale la pena comentar acerca de la dinámica del comercio. A nivel regional, Asia es la región donde más se comercializan CI a nivel mundial desde el año 2000. Los países asiáticos se han caracterizado por ser intensivos en mano de obra, lo cual ha sido atractivo para que la industria global de CI establezca las etapas de producción en esta zona. Alrededor del 75% de las actividades de producción de CI se ubica en Asia (SIA, 2020).

China es el principal importador de CI gracias a que sus compras representan más de 1/3 del total mundial (**cuadro 5**) y se relaciona con el hecho de que alrededor del 30% de la manufactura global se realiza en este país (CGTN, 2021). Este país seguirá aumentando su consumo de CI porque se tiene previsto que en los próximos 5 años su mercado interno superará al de otras economías en un 5% aproximadamente (Varas *et al.*, 2021).

Haciendo un análisis de los años anteriores, resalta el hecho de que la apertura comercial y el ingreso de China a la Organización Mundial de Comercio (OMC) en 2001

reconfiguró el comercio de los CI. A inicios de la década de los 2000's, el principal importador era Estados Unidos (16%), mientras que China representaba solamente un 5% (**cuadro 5**).

**Cuadro 5**  
Principales importadores y exportadores de CI (miles de millones de dólares y % comercio)

	2000		2010		2018		2019	
	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%
<b>Importaciones</b>								
China	13.8	5.12	158.0	31.41	312.7	36.33	305.9	36.07
Hong Kong	15.1	5.61	69.8	13.88	156.5	18.18	151.3	17.84
Singapur	26.8	9.94	52.6	10.45	63.8	7.42	60.6	7.14
Taiwán	20.7	7.67	33.0	6.55	50.8	5.90	53.8	6.34
Corea del Sur	17.0	6.30	23.8	4.74	34.5	4.01	35.7	4.21
Estados Unidos	42.5	15.77	21.9	4.34	34.8	4.04	33.1	3.90
Malasia	21.3	7.90	28.5	5.66	34.8	4.04	31.9	3.76
Vietnam	0.4	0.16	1.5	0.29	24.2	2.81	30.6	3.61
México	8.8	3.28	10.7	2.12	19.3	2.24	21.4	2.52
Japón	17.9	6.65	20.4	4.06	20.1	2.34	18.5	2.18
Alemania	11.7	4.35	12.6	2.51	19.5	2.27	17.0	2.01
Países Bajos	6.6	2.44	2.7	0.53	12.4	1.44	13.4	1.58
Filipinas	10.2	3.80	12.3	2.44	16.9	1.96	13.3	1.57
Tailandia	6.4	2.39	10.8	2.14	11.8	1.37	10.2	1.20
India	0.3	0.11	1.1	0.21	7.3	0.84	10.2	1.20
<b>Exportaciones</b>								
Hong Kong	10.8	4.30	55.3	13.82	132.0	18.75	134.5	19.09
China	2.9	1.17	29.6	7.40	84.7	12.03	102.2	14.51
Taiwán	18.7	7.43	50.0	12.52	95.9	13.62	100.4	14.25
Corea del Sur	20.0	7.96	37.9	9.48	109.8	15.59	79.1	11.23
Singapur	28.8	11.48	77.0	19.26	82.9	11.78	76.9	10.91
Malasia	15.0	5.99	22.8	5.70	45.8	6.51	44.8	6.36
Estados Unidos	54.1	21.55	37.7	9.42	37.7	5.35	40.1	5.69
Japón	30.3	12.05	34.5	8.64	28.0	3.98	27.8	3.94
Filipinas	15.5	6.16	6.4	1.61	13.7	1.95	21.9	3.11
Alemania	9.8	3.89	10.2	2.54	16.8	2.38	15.0	2.13
Vietnam	0.0	0.00	0.4	0.10	7.9	1.12	11.5	1.64
Países Bajos	7.1	2.83	3.9	0.97	10.6	1.51	11.1	1.57
Francia	6.7	2.68	7.1	1.77	7.7	1.09	7.7	1.09
Irlanda	4.0	1.61	2.0	0.51	4.2	0.59	7.2	1.02
Tailandia	4.5	1.77	8.1	2.02	8.3	1.18	6.9	0.98
México	1.8	0.73	0.9	0.23	2.1	0.3	2.2	0.31

Nota: el orden es de acuerdo con el año 2019.

Fuente: elaboración propia con base en datos de UNCOMTRADE, (SA) código 8542.

En cuanto a exportaciones, llama la atención que en 2019 la participación de Hong Kong fue de 19% (**cuadro 5**) porque no se destaca precisamente por ser una potencia

ensambladora de CI. Más bien, ello se relaciona con el hecho de que esta demarcación es considerada una plataforma de almacenamiento para los fabricantes de CI por su ubicación geográfica, flexibilidad aduanera y las preferencias arancelarias por parte de China y Estados Unidos. Por lo cual, Hong Kong es visto por las empresas como una forma atractiva de llegar al mercado estadounidense y chino porque pueden disminuir los costos del comercio.

Por esta razón es que las tensiones comerciales entre China y Estados Unidos son un punto crítico para Hong Kong, ya que ambas naciones son sus dos principales socios comerciales. Incluso, cuando Estados Unidos eliminó el trato especial a Hong Kong en 2020 por posibles riesgos de traslado de tecnología al gobierno chino y se anunció que se encontraría en la misma posición que China en temas de comercio, se generó incertidumbre en la CGV por la relevancia de Hong Kong para la industria de CI.

Continuando con los datos de exportaciones, se puede observar que están más diversificadas, aunque también domina Asia. Las economías que resaltan son Corea del Sur, Taiwán y China por su participación en la fabricación y ensamblaje de CI.

En las exportaciones también se ve reflejada la entrada de China a la OMC. En el año 2000 representaba apenas el 1% y ya para 2019 figuraba como el segundo exportador en importancia con un porcentaje cercano al 15%. Dicho de otra forma, pasó de exportar 3 mil millones de dólares a 102 mil millones de dólares (**cuadro 5**).

Otro punto que hay que enfatizar es que, tanto en importaciones como en exportaciones, la competitividad de Estados Unidos se deterioró durante el periodo 2000-2019. En el año 2000, este país era considerado el principal importador (16%) y exportador (22%) y en 2019 solamente representa el 4% de las importaciones y el 7% de las exportaciones (**cuadro 5**). Esto se relaciona con el hecho de que las empresas tecnológicas estadounidenses, y no solamente las que dominan el mercado de CI, optaron por trasladar la etapa final de su producción al continente asiático con el objetivo de reducir costos.

Por último, las cifras de comercio revelan que México mantiene un déficit comercial desde hace 19 años y que con el paso del tiempo se ha acrecentado. El déficit comercial asciende a más de 19 mil millones de dólares, lo cual se debe a que las importaciones se han

elevado y las exportaciones están estancadas (**cuadro 5**). Muestra de ello es que México es el 9° importador y el 16° exportador de CI.

### **3.3 Valor agregado**

Una tendencia similar que confirma lo anterior es el valor agregado que genera la industria de CI de cada economía contemplando la presencia de empresas locales y extranjeras. A continuación, se hará un comparativo del valor agregado que generó la industria global de CI en el 2001 con el dato de 2016.

Se puede destacar que el número de países que se apropia prácticamente del valor agregado de esta industria sigue siendo muy concentrado, sin embargo, las participaciones ya se encuentran más distribuidas. A inicios del siglo XX dominaban Japón (32%), Estados Unidos (30%) y Europa (11%), mientras que las participaciones de China, Taiwán y Corea del Sur eran menos significativas (**gráfico 10**).

Al analizar el año 2016 se puede observar que en Asia se generó más de 2/3 partes del valor agregado de la industria global. Esto se debe a China (33%), Taiwán (15%), Corea del Sur (11%) y una mayor presencia de Singapur y Malasia. Mientras que las economías que redujeron su apropiación fueron Estados Unidos (23%), Japón (9%) y Europa a más de la mitad de lo que significaba en 2001 (**gráfico 10**).

En particular, el caso de China es sorprendente porque hasta 2016 el valor agregado que generó su industria de CI ascendió a 120 mil millones de dólares. Esto significa que su industria produjo una tercera parte del valor agregado de la industria global. El valor agregado de la industria china representó 1.5 veces la de Estados Unidos, 6.5 veces la de Europa y casi 4 veces lo de Japón. Esto es llamativo porque en el 2001 Estados Unidos y Japón se apropiaron cada uno del triple de lo que generó China e incluso Europa producía 1/4 más de valor agregado que China (**gráfico 10**).

Para Ezell (2021), el aumento de la importancia de China en la industria global de CI en términos de valor agregado y comercio es resultado de los esfuerzos del gobierno chino por coordinar y aplicar herramientas de política industrial para engrandecer su industria nacional.

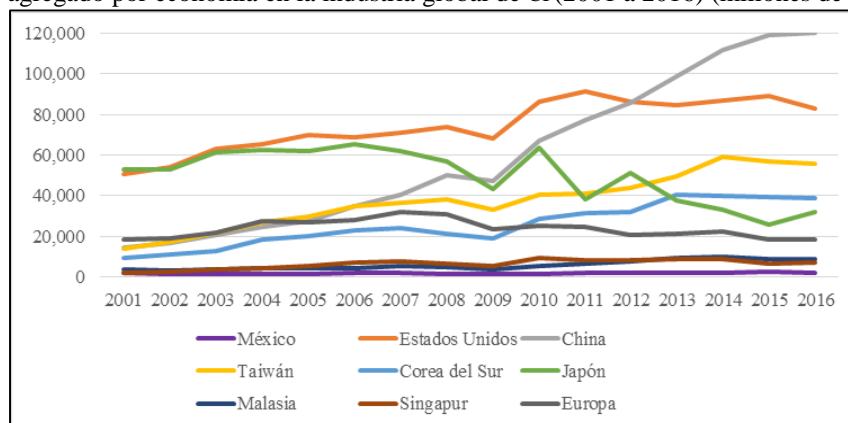


Por otro lado, vale la pena mencionar la participación de México dentro del valor agregado que generó la industria global de CI durante el periodo 2001-2016. De las economías analizadas, México es el único que no ha elevado su generación de valor agregado. En el 2001 significó el 1% del valor agregado y para el 2016 el porcentaje fue un poco menor. Sin embargo, hubo países como Singapur que en el 2001 se encontraba en la misma posición y para 2016 triplicó lo de México (**gráfico 10**).

Se puede asumir con los datos de valor agregado y comercio que, a diferencia de otras economías, México ha dejado de lado el interés por generar políticas en favor de crear una industria mexicana de CI competitiva. Por lo que para comprender un poco más esta situación es necesario revisar indicadores económicos de la industria mexicana.

**Gráfico 10**

Valor agregado por economía en la industria global de CI (2001 a 2016) (millones de dólares)



Fuente: elaboración propia con base en la Junta Nacional de Ciencias de Estados Unidos (2018).

### 3.4 La industria de circuitos integrados en México

La industria de componentes electrónicos<sup>6</sup> en México está conformada por 444 unidades económicas que representan el 0.08% de los establecimientos manufactureros y concentran el 0.73% del capital social y el 1.37% de la ganancia bruta de la manufactura mexicana. Por su parte, representa el 50.74% de los establecimientos de la electrónica y concentra el 42.54% del capital social y el 48.41% de las ganancias de la electrónica mexicana. Esta industria presenta una baja participación de capital extranjero, bajos niveles de concentración ramal (8

<sup>6</sup> Para el caso de México, la fabricación de CI se encuentra dentro del código 334410 “fabricación de componentes electrónicos” del SCIAN 2018.

establecimientos concentran el 34.9% del capital social) y presenta una baja productividad laboral cuando se le compara con la manufactura total (**cuadro 6**).

**Cuadro 6**  
México: indicadores de la industria de componentes electrónicos (2003-2018)

	Nacional	Manufacturas	Electrónica	Componentes electrónicos
<b>Valor (2018)</b>				
Unidades económicas	4,800,157	579,828	875	444
Tamaño promedio de establecimiento a/	6	11	432	442
Coefficiente de inversión extranjera directa b/	6.5	9.5	29.0	15.6
Índice de concentración 8 c/	38.5	57.1	69.5	34.9
Densidad de capital d/ (miles de pesos)	336	325	96	79
Productividad laboral e/ (miles de pesos)	121	150	74	67
Capacidad de planta utilizada	nd	81.2	82.7	85.5
Tasa de rentabilidad f/	30.6	28.8	27.8	32.3
Coefficiente de inversión g/	7.5	6.2	4.0	4.5
Coefficiente de valor agregado de exportación h/	nd	38.0	21.6	25.2
<b>Estructura porcentual (2018) i/</b>				
Unidades económicas	100.00	12.08	0.15	0.08
Población ocupada total	100.00	23.93	11.63	3.02
Ganancia	100.00	32.16	1.60	0.77
Valor agregado censal bruto	100.00	28.87	2.81	1.34
Stock activos fijos	100.00	23.11	1.72	0.73
Inversión extranjera directa	100.00	41.77	1.72	0.73
Valor agregado de exportación	nd	100.00	13.27	4.31
Exportaciones	100.00	79.57	16.19	1.57
Importaciones	100.00	76.85	21.06	8.08
<b>Tasas de crecimiento promedio anual (2003-2018)</b>				
Unidades económicas	3.2	3.9	0.7	1.2
Población ocupada total	3.5	2.9	2.4	4.4
Tamaño promedio de establecimiento	0.3	-0.9	1.8	3.1
Capacidad de planta utilizada j/	nd	0.2	0.3	0.4
Valor agregado censal bruto	2.3	2.2	1	0.9
Productividad laboral	-0.7	-0.6	-1.5	-3.6
Horas trabajadas por el personal ocupado total	3.1	2.8	2.5	4.5
Tasa de rentabilidad	0.5	0.6	1.3	-1.7
Inversión extranjera directa	3.1	1.5	2.3	-1.5
Stock de activos fijos	2.8	-0.1	1.5	2.6
Valor agregado de exportación	nd	3.7	-0.9	-1.3
Exportaciones	5.8	5.1	4.5	-0.2
Importaciones	5.7	4.3	6.2	3.9

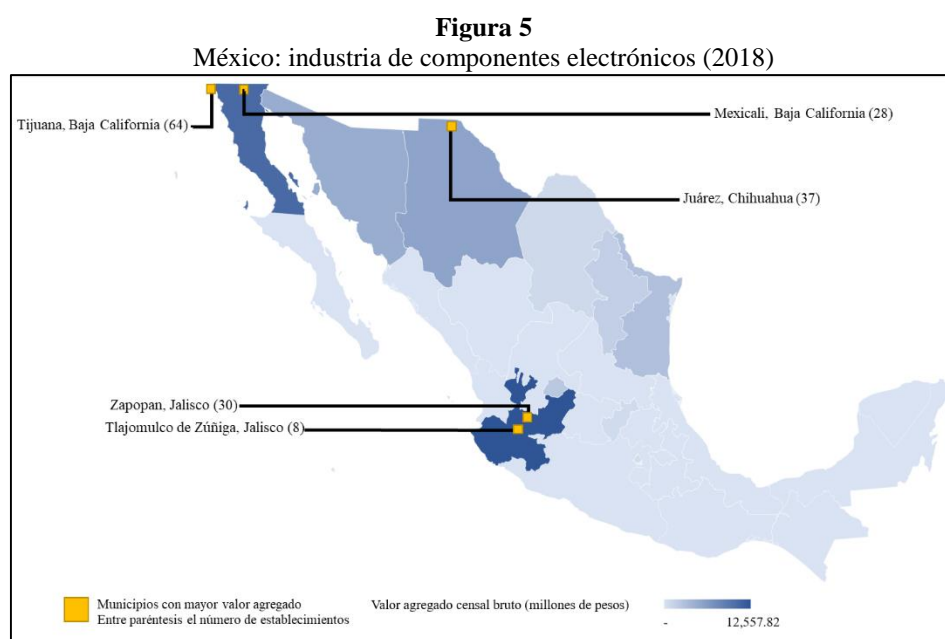
Notas:

- a. Población ocupada total dividida entre el número de establecimientos.
- b. Inversión extranjera directa dividida entre el valor agregado censal bruto.
- c. Los totales son un promedio.
- d. Stock de activos fijos dividido entre el personal ocupado total.
- e. Resulta de dividir el valor agregado censal bruto por las horas trabajadas por el personal ocupado total.
- f. Resulta de dividir el ingreso por el suministro de bienes y servicios con la suma de gastos por el consumo de bienes y servicios más las remuneraciones, y a todo se le resta 1.
- g. Inversión fija bruta dividida por el valor agregado censal bruto.
- h. Participación del valor agregado de exportación en la producción manufacturera global.
- i. Los porcentajes de la electrónica y de componentes electrónicos son respecto al total de las manufacturas.
- j. Calculada con información de 2007 a 2018.

Toda la información se trabajó en pesos constantes de 2013.

Fuente: elaboración propia con base en los Censos Económicos 2004, 2008, 2019 y Valor Agregado de Exportación de la Manufactura Global de INEGI (2021); Sistema de Información Arancelaria Vía Internet y la Estadística oficial de los flujos de IED hacia México de la Secretaría de Economía (2021).

Como se puede ver en la **figura 5**, los establecimientos se encuentran en su mayoría en Baja California, Jalisco y Chihuahua, donde se genera el 94.64% del valor agregado ramal. El estado más importante es Jalisco porque con 57 unidades económicas significa el 41.25% del valor agregado y sobre todo se debe al municipio de Zapopan porque representa más de tres cuartas partes de este porcentaje. Otros municipios en importancia son Juárez, Mexicali, Tijuana y Tlajomulco de Zúñiga. La mayor relevancia del estado de Jalisco en la generación de valor agregado se debe a que los centros de diseño se ubican ahí, mientras que en Baja California y Chihuahua se presentan las fábricas de componentes electrónicos (Riquelme, 2021).



Fuente: elaboración propia con base en el Censo Económico 2019 y el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas del INEGI (2021).

Entre 2003 y 2018, la industria de componentes electrónicos aumentó el número de establecimientos y aún más el número de empleo, lo cual explica que el tamaño de establecimiento también incrementó. El valor agregado bruto creció a una tasa inferior a la media manufacturera, ello en parte se explica por la caída en la productividad del trabajo y la baja inversión. Al respecto, la IED tuvo un decrecimiento promedio anual de 1.5%. A lo largo del tiempo, nuestra industria ha elevado su dependencia a importaciones a la vez que las exportaciones redujeron sus ritmos de expansión, ello se explica en parte su inserción en segmentos de bajo valor agregado. (**cuadro 6**).

En efecto, el dinamismo de México en la CGV de componentes electrónicos se ha deteriorado con el tiempo. El valor agregado de exportación tuvo una tasa de decrecimiento promedio anual de 1.3%, mientras que su participación dentro de la producción manufacturera global pasó de 36.18% en 2003 a 25.23% en 2018. Asimismo, su contribución dentro del valor agregado de exportación de la manufactura mexicana se redujo de un 9.11% en 2003 a un 4.31% en 2018 (**cuadro 6**). Por lo tanto, la participación de México en la producción de componentes electrónicos para el comercio internacional es marginal.

Todo lo anterior es un indicativo de la falta de producción nacional de componentes electrónicos, entre ellos los CI. De la Mora (2017) explica que esta problemática ha existido desde los años 60's cuando nació la industria electrónica en el país y que la adhesión al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT, por sus siglas en inglés) en 1986 significó que su posición como economía maquiladora le permitiera importar libre de aranceles, por lo cual se dejó de lado incentivar la producción interna. Esta tendencia ha continuado, ya que el país ha optado por beneficiarse de 13 tratados de libre comercio con 49 países y de programas de promoción (*v.gr.* IMMEX y PROSEC) para poder importar insumos con una tasa arancelaria preferencial y de manera temporal para su posterior reexportación, lo cual ha limitado el interés por generar proveedores nacionales.

Por ejemplo, la estructura del comercio de la economía mexicana es muestra de la escasa oferta nacional de CI. En 2019 México exportó un poco más de 460 mil millones de dólares y 17% provino de la electrónica. Sin embargo, las exportaciones de CI representan menos del 3% de las exportaciones electrónicas. Las exportaciones de CI se han estancado y su participación en el total exportado cada vez es menos importante (**cuadro 7**).

Desde hace 19 años el principal destino de las exportaciones de CI ha sido Estados Unidos (75%). En el año 2000 el SA no era tan desagregado y únicamente se identifica que “los demás CI monolíticos” representaban el 70% de las exportaciones. A partir de 2007, la información es más exacta y se verifica que lo que más se exporta son procesadores y controladores (87%), los demás (10%), memorias (3%) y amplificadores (0.3%) (**cuadro 7**).

Por otro lado, México importó en 2019 poco más de 455 mil millones de dólares y alrededor del 21% corresponde a la electrónica. Los CI son el principal producto de

importación de la electrónica con más del 22% de participación, así como también es uno de los tres productos que más compra el país porque representan casi el 5% de las importaciones totales. Se observa que las compras de CI fueron 10 veces más grandes que lo que se exportó y resalta que esto ha ido en aumento, porque en el año 2000 era solamente 4 veces mayor (**cuadro 7**). Mientras que las ventas al exterior se elevaron en los últimos 19 años a una tasa de crecimiento promedio anual de 0.9%, las importaciones lo hicieron a una tasa de 4.5%.

A principios del siglo XX el 40% de las importaciones de CI provino de Estados Unidos y ahora solo significa el 5%. Por su parte, los países asiáticos pasaron de representar el 7% a ser más del 81% de las importaciones. Actualmente, los países más relevantes son Malasia (36%) y China (15%). Los CI que más compra México desde el año 2000 son los denominados “los demás CI monolíticos” y se concentra en tres productos: i) procesadores y controladores (60%); ii) los demás (20%); iii) memorias (19%) (**cuadro 7**).

Por último, se puede decir que con el paso de los años México ha elevado su dependencia a la importación de CI. Esto complica la integración con otras industrias para poder elevar el contenido de componentes locales de las manufacturas porque es un bien intermedio que se utiliza prácticamente en todos los procesos productivos.

Este planteamiento resaltó con el fenómeno de la escasez global de CI porque México tuvo que pausar dos de sus industrias más importantes: la automotriz y la electrónica, que están fuertemente encadenadas con la producción de CI. Por ello es que el gobierno del país esté en negociaciones para que México sea tomado en cuenta en el reordenamiento de la industria global, a partir de participar en el segmento de empaquetado.

En este sentido, Ruiz (2021) considera que esta coyuntura es una oportunidad para implementar medidas de política industrial que permitan asegurar el suministro de un activo estratégico como lo son los CI y con ello mejorar la posición de México en las CGV.

**Cuadro 7**  
**México: exportaciones e importaciones de CI (2000-2019) (millones de dólares y % del total)**

	2000				2007				2010				2018				2019			
	X		M		X		M		X		M		X		M		X		M	
	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%
Total	166,294	100.0	179,404	100.0	271,875	100.0	281,949	100.0	298,473	100.0	301,482	100.0	450,713	100.0	464,302	100.0	460,704	100.0	455,295	100.0
Electrónica	47,516	28.6	46,261	25.8	70,295	25.9	60,037	21.3	71,455	23.9	70,870	23.5	81,925	18.2	94,903	20.4	80,028	17.4	94,779	20.8
Circuitos Integrados	1,822	1.1 (3.8)	8,845	4.9 (19.1)	1,010	0.4 (1.4)	9,049	3.2 (15.1)	927	0.3 (1.3)	10,658	3.5 (15.0)	2,103	0.5 (2.6)	19,305	4.2 (20.3)	2,197	(0.5) 2.8	21,398	4.7 (22.6)
i. Los demás CI monolíticos	1,297	100.0	4,305	100.0	345	100.0	2,487	100.0	881	100.0	5,635	100.0	1,939	100.0	11,325	100.0	1,909	100.0	12,924	100.0
a. Estados Unidos (X y M)	1,176	90.7	3,463	80.5	292	84.4	480	19.3	754	85.6	1,666	29.6	1,558	80.4	5,055	44.6	1,503	78.7	6,965	53.9
b. Singapur (X) / Japón (M)	73	5.6	212	4.9	0	0.0	259	10.4	2	0.2	326	5.8	148	7.6	1,430	12.6	192	10.1	1,461	11.3
c. Países Bajos (X) / Corea del Sur (M)	31	2.4	156	3.6	10	2.8	0	0.0	21	2.4	0	0.0	60	3.1	714	6.3	42	2.2	1,422	11.0
d. Japón (X) / Taiwán (M)	16	1.2	138	3.2	11	100.0	1,521	100.0	34	100.0	3,026	100.0	86	100.0	3,914	100.0	212	100.0	4,179	100.0
e. Taiwán (X) / Malasia (M)	1	0.1	98	2.3	0	0.1	169	11.1	0	0.1	363	12.0	3	3.4	460	11.7	50	23.6	677	16.2
ii. Partes	3	100.0	14	100.0	0	0.1	226	14.9	0	0.3	439	14.5	4	4.7	648	16.6	18	8.3	667	16.0
a. Estados Unidos	3	99.7	13	92.1	124	100.0	437	100.0	12	100.0	1,706	100.0	68	100.0	3,812	100.0	69	100.0	4,049	100.0
b. Costa Rica (X) / Japón (M)	0	0.2	1	4.1	0	0.0	72	16.6	0	0.0	247	14.5	1	1.8	1,807	47.4	2	2.2	802	19.8
c. Corea del Sur (X) / Malasia (M)	0	0.1	0	1.9	0	0.0	14	3.1	0	2.1	37	2.2	0	0.7	176	4.6	1	2.2	517	12.8
d. Alemania (M)	-	-	0.2	1.2	0	100.0	67	100.0	0	100.0	270	100.0	9	100.0	240	100.0	7	100.0	231	100.0
e. Corea del Sur (M)	-	-	0.0	0.2	0	87.4	17	24.6	0	88.0	60	22.3	4	41.3	57	23.6	5	71.5	50	21.7
					0	1.7	1	2.0	0	0.4	16	5.9	0	0.8	35	14.7	0	5.6	40	17.2
					0	0.0	2	3.0	0	0.0	46	16.8	1	5.8	34	14.1	0	4.6	33	14.4
v. Partes	1	100.0	17	100.0	1	100.0	17	100.0	0	100.0	22	100.0	1	100.0	14	100.0	1	100.0	14	100.0
a. Estados Unidos (X) / China (M)	1	43.5	1	7.1	0	0.0	1	6.1	0	85.8	2	8.3	1	95.0	7	52.8	1	96.0	9	63.9
b. Malasia (X) / Taiwán (M)	0	0.0	1	6.1	0	0.0	1	6.1	0	0.2	3	14.9	0	4.9	5	34.5	0	2.0	4	28.6
c. China (X) / Malasia (M)	0	0.0	1	4.5	0	0.0	1	4.5	0	0.1	2	7.3	0	0.0	1	7.6	0	1.6	1	4.1

Nota: para el año 2000 se utilizó el SA 1996 y a partir del año 2007 se utilizó el SA 2007; el porcentaje entre paréntesis hace referencia a la participación dentro de la industria electrónica.

Fuente: elaboración propia con base en el Sistema de Información Arancelaria Vía Internet y el Sistema de Consulta de Información Estadística por País de la Secretaría de Economía (2021).

### **3.5 Conclusiones preliminares**

Estados Unidos es el líder en la industria de CI porque sus empresas concentran el 47% de los ingresos mundiales. Se debe a que dominan el diseño por sus ventajas en I+D y tecnología. De hecho, Intel genera una tercera parte de la I+D de la industria. A pesar de ello, Estados Unidos representa una pequeña parte del negocio de fabricación porque quienes lo controlan son Taiwán y Corea del Sur. Hasta el momento las únicas empresas capaces de fabricar los CI más avanzados son TSMC y Samsung, gracias a que invierten constantemente en bienes de capital. Incluso los datos de comercio indican que en los últimos 20 años Estados Unidos ha perdido competitividad en la fabricación de CI, mientras que Taiwán, Corea del Sur y China han aumentado su relevancia en estos indicadores.

En especial, China está realizando grandes inversiones en I+D y bienes de capital en toda la cadena. Las dos etapas que resaltan son el ensamblaje y el diseño, sin embargo, sus CI todavía no son de vanguardia. Por ello es que empresas como Huawei y JCET están trabajando en conjunto para acelerar los procesos de innovación.

La escasez actual de CI se debe a: i) un aumento repentino de la demanda tras el confinamiento y el avance a la era de la digitalización; ii) incidentes naturales como incendios, cortes de energía y sequías; iii) la concentración de la etapa de fabricación y ensamblaje en Asia; iv) el conflicto tecnológico entre Estados Unidos y China. Todo lo cual ha ocasionado disrupciones en otras cadenas de valor. Este fue el caso de la industria automotriz de América del Norte, la cual es importadora de CI.

De hecho, se demostró que la producción mexicana de CI es tan pequeña que su participación en la industria global es marginal. Sus bajos niveles de valor agregado no han estimulado la rentabilidad y, por ende, la entrada de capital extranjero. Asimismo, su característica maquiladora ha originado que el desarrollo de este insumo no sea una prioridad.

El planteamiento de un reacomodo de la industria global es una oportunidad para que México produzca CI, sin embargo, dadas las características de la industria la implementación de herramientas de política industrial es fundamental para que el país pueda participar en la CGV de este componente que permitirá elevar la competitividad de otras industrias importantes del país como la automotriz.

## Capítulo 4. Los planes de Estados Unidos y China en circuitos integrados

La relevancia estratégica de los CI conforme nos adentramos a la era de la digitalización ha originado que todos los países estén prestando más atención a esta industria, que pinta a ser una clave para el futuro de la economía global. Esto resalta aún más con las disrupciones presenciadas en varias cadenas de valor por la escasez de CI que se originó, entre otras cosas, a consecuencia de la COVID-19.

Por tal razón, las potencias económicas han mostrado interés por ganar autonomía en la producción de CI. En especial Estados Unidos y China, quienes han planteado que la intervención del Estado es necesaria para ganar la competencia tecnológica dadas las características de la CGV. Estados Unidos quiere mantener el liderazgo de la industria y elevar su participación en la fabricación de CI, mientras que China busca ser el centro manufacturero de CI más grande a nivel mundial.

Por ello es que en este capítulo se discuten los planes de Estados Unidos y China para tener mayor presencia en la producción de CI. El capítulo se estructura en cuatro secciones. En la primera parte, se exponen las bases del conflicto tecnológico entre Estados Unidos y China. En la segunda sección se presentan los planes de China para convertirse en el principal centro manufacturero de CI. Para ello: i) se exponen las estrategias de desarrollo industrial que se llevan a cabo desde que el presidente Xi Jinping asumió el poder en 2013, con énfasis en el Proyecto Hecho en China 2025, el Plan Nacional de CI, el XIV Plan Quinquenal (2021-2025) y la Iniciativa de la Franja y la Ruta; iii) se discute la puesta en marcha de estos proyectos reflejados en fondos gubernamentales, IED y los campeones nacionales.

En la tercera sección, se detalla el plan de acción de la administración estadounidense encabezada por el presidente Biden para competir con China. Para ello: i) se exponen dos iniciativas de política como respuesta a los objetivos chinos, las cuales son *CHIPS for America* y *American Foundries*; ii) se detallan los controles de exportación que el gobierno está aplicando a ciertas empresas chinas; iii) se describe el endurecimiento de la selección de IED como mecanismo para frenar el avance chino. En la cuarta sección se presentan las conclusiones preliminares.



#### **4.1 Las bases del conflicto entre Estados Unidos y China**

En el centro del conflicto tecnológico de Estados Unidos y China se encuentran los CI porque el despliegue de las tecnologías modernas, *v.gr.* red 5G, inteligencia artificial o el Internet de las Cosas, requiere el desarrollo de CI de vanguardia para su funcionamiento.

En materia de las nuevas tecnologías, China ha tenido grandes avances gracias a que su participación en el ámbito científico cada vez es más relevante. De acuerdo con la OCDE (2020) y Rosales (2020), de 1991 a 2019 el gasto chino en I+D como porcentaje del PIB se elevó de 0.7 a 2.2%, hasta 2018 existían 168 zonas de alta tecnología y es la segunda economía en número de investigadores, patentes y publicaciones, entre otras.

China tiene la intención de que las tecnologías disruptivas sean el motor de su economía durante los próximos años y convertirse en el líder mundial en este aspecto. Sin embargo, aún depende de tecnología de vanguardia como la que brindan los CI. A pesar de que la industria china de CI ha progresado, la realidad es que van una o dos generaciones por detrás de los líderes globales y tienen bajo contenido tecnológico, por lo que dependen de las importaciones de CI avanzados (PR Newswire, 2019).

China sólo produce el 16% de su consumo de CI y la mitad de ello lo realizan empresas extranjeras (IC Insights, 2021). En gran medida depende de empresas estadounidenses de CI para abastecer su mercado. De hecho, el 36% de los ingresos de empresas estadounidenses en 2018 fueron por las ventas a China (Fitch y Davis, 2020). De los primeros cuatro meses de 2018, el mercado chino representó el 60% de las ventas de Qualcomm, el 50% de Micron, el 45% de Broadcom y el 40% de Texas Instruments (Capri, 2020).

De acuerdo con Ezell (2021), la dependencia extranjera y la visión tecnológica del presidente Xi Jinping fueron las bases para una nueva estrategia de desarrollo industrial de CI, la cual se plasma en el Plan Hecho en China 2025 y el Plan Nacional de CI de 2014.

Se puede decir que los avances en innovación y los planes de China no han sido del agrado del gobierno de Estados Unidos, ni durante la administración Trump ni con la actual dirigida por el presidente Biden. Estados Unidos considera que el gobierno chino da demasiados subsidios, financiamientos y preferencias arancelarias para tecnologías

avanzadas que distorsionan la competencia, así como apoya la transferencia forzada de tecnología, ya que exige a las empresas extranjeras compartir conocimiento y tecnología con las empresas locales.

Particularmente hablando de la industria de CI, el gobierno de Estados Unidos considera que China quiere beneficiarse de su posición tan importante que tiene en la fabricación de bienes electrónicos para presionar a las empresas extranjeras a ubicar la producción de CI en su país, compartan el conocimiento tecnológico y trabajen en conjunto con el gobierno chino.

Si bien las empresas estadounidenses lideran la industria de CI porque tienen más del 47% del mercado global y las chinas apenas tienen el 5%. La realidad es que únicamente el 12% de la producción mundial de CI se realiza dentro de Estados Unidos, lo cual hace 30 años significaba 37% y se prevé que dentro de 10 años se reduzca a 10%. En tanto, China dominará la producción global para el año 2030 porque se calcula que alrededor del 40% de la nueva capacidad global de producción se ubicará en este país, de la cual 60% será propiedad de empresas chinas (SIA, 2020).

A pesar de estos datos, IC Insights (2020) pronostica que la producción china de CI apenas cubrirá el 20% de la demanda interna para el 2025. Sin embargo, los planes a futuro de China y sus pronósticos en la producción de CI, se traducen en datos alarmantes para Estados Unidos porque pone en riesgo su liderazgo en esta industria. Esto puede originar cambios no solo en la producción, si no en el diseño e investigación en favor de China, ya que estaría en mejores condiciones de controlar las actividades con mayor valor agregado. Sobre todo, porque la cadena de valor se caracteriza por ser interdependiente y, específicamente, los segmentos de diseño y fabricación deben tener una fuerte colaboración.

Al mismo tiempo, este es un tema importante para Estados Unidos porque puede repercutir en su dominancia de las tecnologías modernas, que son el centro de la Industria 4.0. Por esta razón, Estados Unidos ve amenazada su hegemonía en el ámbito tecnológico de los próximos años y, debido a esto, buscan alargar la brecha tecnológica con China lo más que se pueda. Por lo tanto, *“se trata de una lucha por definir las reglas del juego de la nueva economía global del siglo XXI”* (Rosales, 2020: 178).

Por ello, el presidente Biden resalta que para ganar la competencia tecnológica con China se necesitan elevar las ayudas del gobierno federal en la educación, capacitación, investigación, desarrollo e innovación de Estados Unidos. Incluso, se plantea elevar la inversión en ciencia e infraestructura interna para apoyar a los trabajadores estadounidenses (Esteban, 2020). De hecho, el presidente da un total respaldo a las iniciativas *CHIPS for America* y *American Foundries* que se dirigen e a la industria que nos ocupa. Como muestra del apoyo, el presidente emitió un acta el 24 de febrero de 2021 al Departamento de Comercio donde solicitó una investigación de 100 días de duración para revisar la CGV de CI.

En los siguientes apartados se exponen los planes industriales de China que buscan elevar su autonomía tecnológica en CI y los planes de Estados Unidos para frenar el avance chino y aumentar su participación en la fabricación de CI.

#### **4.2 Proyecto Hecho en China 2025**

El plan Hecho en China 2025 tiene el objetivo de reducir la dependencia tecnológica extranjera, principalmente occidental, para que en el año 2050 se convierta en la economía líder en innovación, ciencia y tecnología. China quiere fortalecer su industria manufacturera, modernizar su estructura productiva y elevar su influencia en las CGV para crear marcas chinas con reconocimiento internacional y mejorar la calidad de sus productos para tener mayor participación en el mercado global (Balderrama y Trejo, 2018).

De acuerdo con Rosales (2020), China pretende aumentar el uso de componentes locales en las principales tecnologías a un 70% para 2025, sin embargo, en el 2019 se elevó la meta al 80% para el 2030 (Ezell, 2021). El gobierno plantea destinar 300 mil millones de dólares para ser más competitivos en diez industrias estratégicas relacionadas con las tecnologías modernas y de alto valor agregado que fueron establecidas en el XIII Plan Quinquenal (2016-2020), de las cuales destacan los CI (VerWey, 2019).

En el documento se expone la necesidad de acelerar el desarrollo de la industria de CI haciendo énfasis en la fabricación, en actualizar el segmento de ensamblaje y en facilitar la adquisición de equipos de fabricación. Además, se establece que para el 2030 la industria china debe alcanzar los niveles internacionales más avanzados (VerWey, 2019).

#### **4.2.1 Plan Nacional de Circuitos Integrados**

El gobierno chino ha buscado promover la industria nacional mediante el Plan Nacional de CI con el fin de que en el año 2030 no sólo se ensamblen o manufacturen CI en China, sino que también se participe en actividades de I+D y proveeduría de CI, es decir, ganar autosuficiencia. Se puede decir que los esfuerzos de China conducen a desarrollar una industria nacional que esté verticalmente integrada.

La estrategia consiste en respaldar a ciertas empresas locales, identificadas como “campeones nacionales”, para promover su desarrollo mediante la transferencia de tecnología y elevar su competitividad a nivel nacional e internacional. Se establece que el apoyo debe provenir de grandes fondos, así como de políticas públicas que fomenten la IED. Igualmente, se indica que tanto la banca de desarrollo como la comercial deben apoyar financieramente a la industria de CI.

Por esta razón, es que se crea el Fondo Nacional de Inversión en CI con la meta de tener 150 mil millones de dólares por parte de instituciones y empresas del gobierno central, provincial y municipal. Su objetivo es financiar la IED que sale de China para poder apropiarse de empresas extranjeras, principalmente estadounidenses y europeas que participen en la CGV de CI, así como facilitar la compra de equipo de fabricación y fomentar que la entrada de IED sea como inversiones nuevas o empresas conjuntas (VerWey, 2019).

Esto lo hacen con la intención de reducir la brecha tecnológica con los países desarrollados. En palabras de Balderrama y Trejo (2018), “*se busca acortar los tiempos para acceder a soluciones tecnológicas que, por sí mismas, les llevaría décadas desarrollar*”.

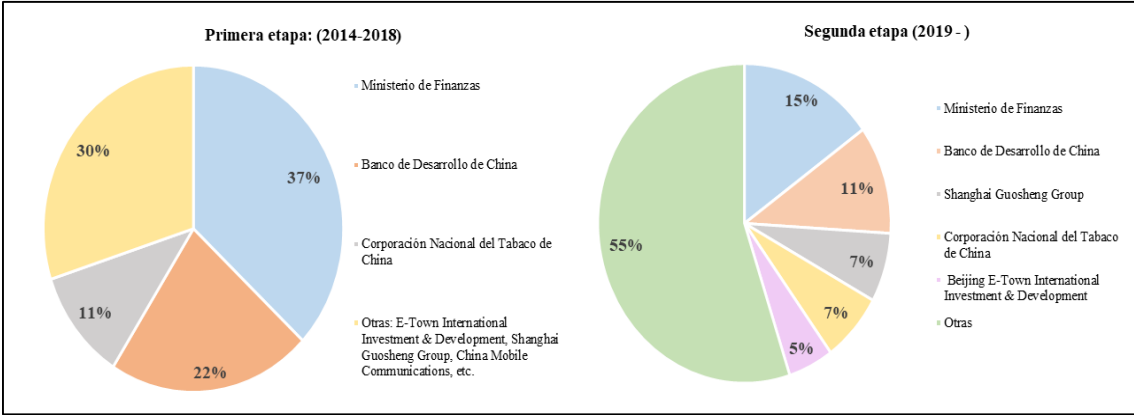
#### **Fondos gubernamentales**

El Fondo Nacional de CI inició en el 2014 con una ronda de 22 mil millones de dólares aproximadamente (Tao, 2018) y se le nombró “el gran fondo chino” porque es uno de los fondos de inversión industrial más grande de China. En el 2019 inició su segunda etapa con el anuncio de otra capitalización de 29 mil millones de dólares (Liu, 2019). Los mayores inversores han sido el Ministerio de Finanzas y el Banco de Desarrollo de China, con casi el 60% de participación en la primera fase y alrededor del 26% de lo que va de la segunda etapa. A diferencia de la primera, la segunda ronda está más diversificada porque hay una mayor

participación de los gobiernos locales a través de sus empresas estatales (**gráfico 11**). Las regiones que más contribuyen son Shanghai, Anhui, Hubei, Jiangsu, Chongqing, Sichuan, Beijing, Fujian y Guangdong.

**Gráfico 11**

China: principales inversionistas del Fondo Nacional de CI



Fuente: Crowley y Davis (2020).

En la primera fase se invirtió en 77 proyectos que abarcan todos los segmentos de la cadena de valor, desde ciencia y tecnología hasta de infraestructura (Liu, 2019). En su mayoría, la intervención pública durante la primera fase se enfocó en la construcción de nuevas fábricas de CI, las cuales pueden llegar a ser 60 para el año 2023 y lograr que la capacidad de fabricación de CI en China se duplique (OCDE, 2019). Por otro lado, el presidente del Fondo Nacional de CI informó que la segunda fase se orientará al diseño, equipo de fabricación de CI, así como a subsidiar la utilización de CI domésticos en empresas chinas de otras industrias (Departamento de Comercio de Estados Unidos, 2021).

Asimismo, los gobiernos de Hubei, Fujian y Anhui decidieron crear sus fondos de inversión de CI en apoyo a su localidad. En suma, se calcula que hasta el 2019 el gobierno ha invertido 100 mil millones de dólares en la industria de CI (García y Ng, 2021).

De acuerdo con la OCDE (2019), los fondos han sido dirigidos principalmente a fortalecer a cuatro “campeones nacionales”, de los cuales el gobierno central posee al menos el 25%. Este porcentaje puede aumentar si se contemplan sus subsidiarias o las asociaciones con los gobiernos locales y las empresas estatales (**cuadro 9**).

## Cuadro 8

### China: campeones nacionales en CI

Empresa china	Participación del gobierno chino
Tsinghua Unigroup	Empresa estatal que proviene de la Universidad de Tsinghua. Se centra en el diseño de CI, aunque también ha buscado participar en actividades de producción. Entre 2014 y 2018, los bancos estatales le prestaron 3,400 millones de dólares. A través del Fondo Nacional de CI y de gobiernos locales ha recibido inversiones que alcanzarán los 100 mil millones de dólares para construir fábricas de fundición en Sichuan, Jiangsu y Hubei.
Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC)	Se posiciona como la fundidora más avanzada de China, la tercera empresa de CI más grande de China y la cuarta a nivel internacional. En sus inicios, por allá del año 2000, aprovechó la asociación con empresas extranjeras y contratación de chinos estudiados o que trabajaron en Estados Unidos, Taiwán o Singapur. Entre 2014 y 2018, los bancos estatales le prestaron 695 millones de dólares. En 2018, la contribución estatal alcanzó el 45%, la cual se divide entre el Fondo Nacional de CI (19%), el Grupo Datang Telecom (19%) y Tsinghua Unigroup (7%). En 2018 anunció establecer un fondo de 255 millones de dólares para inversiones de capital y en 2020 recibió inversiones de 2, 200 millones de dólares por parte del gobierno chino.
Jiangsu Changjiang Electronics Technology (JCET)	Gracias Fondo Nacional de CI y SMIC pudo adquirir la empresa STATS-ChipPAC de Singapur en 2015 y de esta manera se convirtió en la empresa encargada del ensamblaje, prueba y embalaje de CI más grande del mundo. El gobierno chino posee entre el 20 y el 35% de la empresa. Entre 2014 y 2018, los bancos estatales le prestaron 688 millones de dólares.
China Electronics Corporation (CEC)	Esta empresa estatal dirige los grupos Hua Hong Semiconductor y Huada Semiconductor. Hua Hong Semiconductor es tanto del gobierno central como del gobierno local de Shanghai y en 2014 adquirió la fundidora Grace, competencia de SMIC. Entre 2014 y 2018, los bancos estatales le prestaron 71 millones de dólares. El Fondo Nacional de CI participa con el 10% y el 29% de Hua Hong Wuxi, una empresa conjunta que tiene con una subsidiaria. Huada Semiconductor es propiedad de CEC y se dedica al diseño de CI.

Fuente: Horwitz (2020); OCDE (2019); Feng *et al.* (2018); Fuller (2016); Ernst (2015).

El hecho de que el gobierno chino sea propietario u ofrezca fondos a estas empresas es una ventaja para acrecentar su producción porque no tienen que cargar con todo el costo de capital. Este es el caso de SMIC y Tsinghua Unigroup porque los fondos gubernamentales representan el 40% y 30% de sus ingresos, respectivamente. A diferencia de las empresas chinas, las tres empresas más grandes de la industria (Intel, Samsung y TSMC) no tienen fondos gubernamentales que superen el 3% de sus ventas (Khan y Flynn, 2020). Incluso, la SIA (2021) estima que el gobierno chino controla de forma directa o indirecta el 43% del capital de la industria china de CI.

Además, un uso de los fondos gubernamentales se destina a facilitar la importación de equipo de fabricación. De acuerdo con la Comisión Internacional de Comercio de Estados Unidos (2018), las exportaciones de CI y equipo de fabricación fueron de las más importantes entre el 2009 y 2018, rondando los 2 y 5 mil millones de dólares por año. En el 2018, los CI fueron el cuarto producto más exportado y el equipo de fabricación ocupó la quinta posición. De las importaciones de equipo de fabricación que realiza China, el 38% lo realizan empresas estatales (Hammer, 2020).

Por otro lado, el gobierno chino también incentiva la utilización de proveedores nacionales porque otro tipo de ayuda es que las empresas chinas pueden obtener seguros contra materiales defectuosos, siempre y cuando provengan de proveedores domésticos (Thomas, 2021).

Otro tipo de ayuda que surgió a consecuencia de los conflictos entre China y Estados Unidos, se anunció en 2019 la exención de impuestos a empresas de CI y software hasta 2021 y en los siguientes 3 años deberán pagar la mitad de la tasa impositiva (Shidong, 2019). Incluso, en 2020 se anunciaron otras exenciones de impuestos durante 10 años a las empresas nacionales de CI y software que lleven más de 15 años en operación y fabriquen CI de 28 nanómetros o más avanzados (Kharpal, 2020).

El apoyo del gobierno chino significa que las empresas pueden operar aún sin ser rentables, lo cual puede afectar a la industria global de CI. Si China crea un exceso de capacidad de producción, entonces ejercerá presión sobre las empresas porque puede generar que algunas cierren o que otras busquen reducir sus costos, lo cual compromete el gasto en I+D o la innovación de la industria, porque las empresas chinas aún están lejos de alcanzar a los líderes globales (Lewis, 2019). Incluso, las fábricas más avanzadas establecidas en China son todavía de propiedad extranjera: Intel, Samsung y TSMC (VerWey, 2019).

Dicho con palabras de Ezell (2021), los grandes montos de inversión por parte del gobierno chino deberían catalogarse subsidios industriales. Si bien otros países también reciben fondos estatales, éstos se dirigen a la investigación complementaria en I+D, como por ejemplo el trabajo de las universidades, y no precisamente a la I+D que realizan las empresas. Si se hace un comparativo, los fondos públicos chinos representan el 137 % de los ingresos de su industria de CI, los japoneses el 11%, los taiwaneses el 3.8%, los europeos el 2.3%, mientras que los surcoreanos y estadounidenses menos del 1% de su industria nacional.

### **Inversión extranjera directa**

De acuerdo con VerWey (2019), los fondos gubernamentales han incentivado desde el 2014 la IED saliente de China a lo largo de toda la cadena de valor de CI. En palabras de Ernst (2015), el gobierno chino tiene el objetivo de utilizar los fondos públicos de forma selectiva para adquirir tecnología extranjera.

Antes del 2014, las empresas chinas formaban parte de 6 fusiones o adquisiciones (F&A) con empresas estadounidenses (214 millones de dólares), lo cual para 2016 se elevó a 34 F&A (8 mil millones de dólares) (Yue y Lu, 2017). Otro dato es que de 2015 a 2017, los inversionistas chinos ofrecieron más de 30 mil millones de dólares en ofertas a empresas de Europa y Estados Unidos (Davis y Dou, 2017). Además, se calcula que hasta 2020 las inversiones en tecnología estratégica controladas por el gobierno chino ascendían a 610 mil millones de dólares (Ruehl *et. al*, 2020).

Por ejemplo, en el año 2015 JCET obtuvo 300 millones de dólares del Fondo Nacional de CI para poder apropiarse de la empresa STAT ChipPac de Singapur, lo cual ayudó a que se convirtiera en la tercera empresa más grande del mundo que se dedica al empaquetado de CI. En ese año también fue adquirida Mattson Technology de Estados Unidos por parte de Beijing E-Town Capital y, de esta forma, pudo obtener herramientas que se utilizan en la etapa de producción (Ezell, 2021). En ese mismo periodo, un fondo de capital privado de Tsinghua Unigroup adquirió la empresa estadounidense OmniVision (OCDE, 2019).

Más adelante, en 2016 la empresa NavTech Inc compró la fundición Silex Microsystems de Suecia con ayuda del Fondo Nacional de CI y de fondos locales de Beijing, con el objetivo de utilizar su tecnología en fábricas y parques industriales de Beijing (Feng, 2019). En el mismo año, el Grupo Nacional de la Industria del Silicio de China se apropió de la empresa finlandesa Okmetic dedicada a la producción de obleas (Okmetic, 2016) y obtuvo el 14.5% de la compañía francesa que igual es productora de obleas (Loukil, 2016).

En cuanto a la entrada de IED, VerWey (2019) explica que China mantiene políticas restrictivas de inversión y condiciona el acceso a su mercado. En un informe del Representante Comercial de Estados Unidos (2018) se expone que los principales requisitos que deben cumplir las empresas extranjeras son la entrada a través de empresas conjuntas y tener límites de capital extranjero, transferencia de tecnología, realizar I+D en el país, utilizar proveedores locales y cumplir con desempeños de exportación. Para Ezell (2021), los requerimientos anteriores explican el aumento de la producción de CI de empresas estadounidenses durante los últimos años en China.



Estas condiciones han sido aceptadas por empresas importantes de la industria de CI, *v.gr.* Intel, Samsung, SK Hynix, TSMC, UMC y Global Foundries, debido a la relevancia de China en la electrónica y su mercado potencial, así como lo atractivos que son los fondos gubernamentales chinos para tener una mayor presencia o instalar fábricas en su país. A pesar de ello, VerWey (2019) comenta que las actividades de alto valor agregado aún se producen en los países de origen porque el comercio de CI se maneja con aranceles muy bajos, por lo que el traslado de bienes de tecnología avanzada de la matriz a las filiales no tiene grandes costos.

#### **4.2.2 China: XIV Plan Quinquenal (2021-2025)**

A propósito, en el XIV Plan Quinquenal (2021-2025), el gobierno chino plantea que buscará ser líder en innovación para tener una mayor autosuficiencia en el ámbito tecnológico, por lo que se compromete a aumentar el gasto en I+D, sobre todo en ciencias básicas, así como dar beneficios fiscales a las empresas que inviertan en I+D (Etchegaray, 2021). Se hace hincapié en buscar capacidades extranjeras, tales como la colaboración en I+D, programas de atracción de talento y la utilización de plataformas de código abierto (Sutter y Sutherland, 2021). Incluso, la CEPAL (2021) menciona que un objetivo es que el gasto en I+D incremente a una tasa anual de 7% de 2021 a 2025.

En enero de 2021, el Ministerio de Industria y Tecnología de la Información propuso establecer un “Comité Técnico Nacional de Normalización de CI” para promover la I+D en empresas domésticas y que dependan de componentes extranjeros de alto valor. Por lo cual se encargará de investigar, desarrollar y revisar los estándares de los CI y de los equipos de fabricación. Este organismo contará con la colaboración de universidades, institutos de investigación y asociaciones industriales. Los miembros más relevantes son SMIC, Huawei y sus subsidiarias, ya que son empresas que se enfrentan a restricciones por parte de gobiernos extranjeros (Feldshuh, 2021).

De igual forma, se indica que busca incentivar el desarrollo de CI por medio de apoyos estatales a empresas de software de diseño que se apeguen a las políticas industriales de China, utilicen tecnologías avanzadas y fomenten la innovación (**cuadro 8**). Por consiguiente, esta institución planea dar un mayor financiamiento a largo plazo para que

China logre elevar las ventas de empresas nacionales a 320 mil millones de dólares para el 2023 (Feldshuh, 2021).

**Cuadro 9**

China: requisitos que deben cumplir las empresas de CI para obtener apoyo del gobierno

Categoría	Consideraciones
Política industrial	Acoplarse a las políticas industriales de China.
Registro de la compañía	Legalmente registrada en China continental y tener un representante legal en el país.
Entorno empresarial	Debe contar con instalaciones y herramientas de diseño de software y hardware, especialmente utilizar el software EDA de forma legal. No tener problemas graves de medio ambiente, calidad, seguridad y corrupción.
Capital humano	Del 30 al 50% de los empleados deben tener un grado académico; los trabajadores del área de I+D deben ser del 15 al 20% en empresas que se dedican a la producción de CI y de 50% en empresas de diseño y software.
Investigación y desarrollo	La inversión anual en I+D debe ser mínimo del 2 al 6% de los ingresos; en el caso de las empresas de prueba y embalaje debe igualar el total de las ventas.
Propiedad intelectual	Debe tener derechos propios de PI para tecnología relacionada con los CI. Mínimo 5 patentes en China para las empresas de prueba y embalaje y de materiales de CI, mientras que para las empresas que brindan el equipo para producir CI deben ser 10 patentes.
Inversión e ingresos	Las ventas anuales en las áreas asociadas a la producción de CI deben representar entre el 30 y 60% del ingreso total. El ingreso mínimo anual debe ser de 1.5 a 7.6 millones de dólares. Las empresas que se dedican a la producción de circuitos integrados deben invertir en activos fijos entre 15.3 millones de dólares y 1.2 mil millones de dólares. El objetivo mínimo de capacidad de producción depende de la línea de producto.

Fuente: Servicio de Investigación del Congreso de Estados Unidos (2021).

En un reporte del Servicio de Investigación del Congreso de Estados Unidos del 2021, se expone lo más relevante en CI dentro del XIV Plan Quinquenal:

- i. En este plan se asignaron 1.4 billones de dólares para las 10 industrias estratégicas, de las cuales destacan los CI. Se implementa que empresas extranjeras puedan acceder a financiación gubernamental, así como al acceso a deuda y mercados de capital nacional, siempre y cuando acepten los términos de las políticas industriales chinas.
- ii. China aspira tener una mayor presencia en el mercado global, por lo cual hay un gran interés en utilizar financiamiento gubernamental para promover la exportación de CI chinos, software y servicios de tecnología.
- iii. Se establecen preferencias por nivel de tecnología y cambia conforme las empresas avancen tecnológicamente. Esto favorece a las empresas chinas con capacidades avanzadas e incentiva la localización de empresas extranjeras que también lo sean.
- iv. Únicamente las tecnologías o productos que no se puedan producir en China tienen un trato arancelario preferencial y al mismo tiempo se especifica que se deben crear capacidades nacionales en los mismos. Algunos ejemplos son el diseño de software, equipo para producir CI.

- v. Se exige el uso de PI, las adquisiciones y las autoridades de competencia para que las empresas extranjeras se acoplen a los objetivos de China.
- vi. Se estipula la necesidad de fortalecer la cooperación con asociaciones industriales extranjeras. En 2021 se anunció que la Asociación de la Industria de Semiconductores de China y la SIA discutiran sobre compartir tecnología y las restricciones comerciales que afectan a la industria.
- vii. Se fomenta la cooperación tecnológica con empresas y universidades extranjeras, tales como empresas conjuntas, licencias de tecnología y asociaciones de investigación.
- viii. Se hace hincapié en los programas de talento para desarrollar trabajadores capacitados, tales como el Centro Internacional de Capacitación de Personal de CI de la Academia China de las Ciencias. Sobre todo, existe interés en el requerimiento de trabajadores extranjeros por la falta de talento doméstico, por lo que se alienta la contratación de trabajadores especializados.

#### **4.2.3 Iniciativa de la Franja y la Ruta**

Una herramienta de apoyo a los planes industriales de China en CI es la Iniciativa de la Franja y la Ruta. En el año 2013, el presidente Xi Jinping anunció el interés de crear una Franja Económica de la Ruta de la Seda y una Ruta de la Seda Marítima del Siglo XXI, los cuales son proyectos de infraestructura para conectar las regiones menos desarrolladas de China con los países cercanos. La primera busca vincular las regiones de China con Europa a través de Asia Central y la segunda enlazarlas con el Sudeste Asiático por medio de puertos y ferrocarriles (Cai, 2017).

De acuerdo con Cai (2017), China quiere utilizar esta iniciativa para liderar una integración económica porque su objetivo es crear cadenas de suministro regionales de las cuales su país sea el centro de fabricación e innovación avanzada. Este proyecto será esencial para incentivar la exportación de productos industriales chinos de alta tecnología como los CI y la aceptación de marcas chinas a nivel mundial, en lugar de los productos de países occidentales. Como muchos de los apoyos financieros que otorgan para los proyectos de infraestructura en otros países provienen del Banco de Exportación e Importación y el Banco de Desarrollo, entonces el gobierno chino ha establecido que se deben utilizar productos y tecnologías de empresas chinas.

### 4.3 La propuesta de Estados Unidos para competir con China

La administración Biden planea mantener la misma postura que la de su antecesor en cuanto a China, aunque con algunos contrastes en su ejecución porque considera que la del presidente Trump fue de confrontación y no resultó en elevar la competitividad de Estados Unidos (Esteban, 2020). La diferencia radica en que busca frenar el avance de China por medio de alianzas y el fortalecimiento de asociaciones e instituciones con otros países.

Por ejemplo, el gobierno del presidente Biden retomó el Diálogo Económico de Alto Nivel (DEAN) con México en septiembre de 2021 y acordaron hacer más competitiva la CGV de CI. A partir de ello, el gobierno de México ha mostrado interés de atraer inversiones de empresas de CI de la etapa de empaquetado (Ávila, 2021).

Asimismo, la administración Biden planea crear una alianza tecnológica global e incluso tiene el interés de establecer una asociación con las otras naciones miembros del Diálogo de Seguridad Cuadrilateral (QUAD), es decir, Australia, India y Japón para coordinar la investigación y objetivos de producción de las cadenas de valor (Schneider-Petsinger, 2021). Otros acercamientos multilaterales que se han priorizado son con las economías de Asia Oriental y los países del Grupo de los Siete (G7)<sup>7</sup> para discutir el avance tecnológico chino (He, 2021).

De hecho, la propuesta que hizo el presidente Biden al Congreso de Estados Unidos es invertir 180 mil millones de dólares para fortalecer el liderazgo estadounidense en tecnologías estratégicas y mejorar la infraestructura de investigación de su país (Kharpal, 2021). Particularmente, este plan solicita que 40 mil millones de dólares se dirijan a mejorar las instalaciones de investigación del gobierno y del sector educativo. Incluso el presidente Biden apunta a que será el mayor aumento registrado en gasto federal en I+D que no se dirija al sector de defensa (Mervis, 2021).

De acuerdo con el presidente de la Fundación Nacional de Ciencias, Sethurama Panchanathan (2021), la administración Biden propone elevar el presupuesto dirigido a esta

---

<sup>7</sup> El G7 está conformado por Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón y Reino Unido.

institución a 9.43 mil millones de dólares para el año fiscal 2022 con el objetivo de fortalecer y mejorar la I+D en todas las ciencias, ingenierías y tecnologías.

Igualmente, el presidente Biden apoya la propuesta bipartidista de varios legisladores acerca de establecer una nueva dirección de tecnología e innovación dentro de la Fundación Nacional de Ciencias para coordinar proyectos con entidades públicas y privadas con el fin de acelerar el desarrollo de áreas claves que definirán la competitividad global, dentro de las cuales sobresalen los CI. (Kharpal, 2021). La propuesta del Congreso propone duplicar el presupuesto de la Fundación Nacional de Ciencias a 18 mil millones de dólares para el 2026 y la nueva dirección obtendrá 1 mil millones de dólares el primer año hasta aumentar a 5 mil millones de dólares en 5 años (Mervis 2021).

#### **4.3.1 CHIPS for America y American Foundries**

Debido a que el gobierno de Estados Unidos considera crítico fomentar la producción de CI, entonces surgen las iniciativas *CHIPS for America* (Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores) y *American Foundries* (Fundiciones Estadounidenses) con el objetivo de fortalecer la industria nacional de CI y con ello resolver la escasez en las cadenas de valor. Ambas se incorporaron en la Ley de Autorización de Defensa Nacional de 2020 (Gooding, 2021).

En 2021 se aprobó en el Senado la iniciativa de Innovación y Competencia de Estados Unidos (USICA, por sus siglas en inglés) e incluye 52 mil millones de dólares para financiar las disposiciones antes mencionadas (SIA, 2021). Se decretan protecciones de PI, exclusión de financiamiento y disminución de compras de bienes para ciertos países, de los cuales destaca China (CEPAL, 2021).

De manera similar, a principios de 2022 se aprobó en la Cámara Baja la iniciativa *America Competes* (Estados Unidos Compite) para mejorar la posición de Estados Unidos frente a China y fortalecer las cadenas de valor, principalmente la de CI. En ella se propone invertir 52 mil millones de dólares para subsidiar la fabricación de CI en el país. También incluye un financiamiento de 45 mil millones de dólares durante 6 años en todas las industrias que se consideren estratégicas para crear incentivos de fabricación dentro de Estados Unidos. Incluso se exige una revisión exhaustiva a las empresas que tengan la intención de

externalizar parte del proceso productivo a otros países como China (Los Angeles Times, 2021).

Como las iniciativas son muy parecidas, lo más probable es que se integren y se genere un solo documento para que el presidente Biden lo firme y entre en vigor durante el 2022. Debido a que la base de las iniciativas son lo que contemplan *CHIPS for America* y *American Foundries*, entonces es conveniente presentar el desglose de cada una.

La iniciativa bipartidista *CHIPS for America* está enfocada en la creación de incentivos durante los próximos 5 o 10 años para impulsar la inversión en fabricación e I+D de CI dentro de Estados Unidos y con esto mantener el liderazgo estadounidense en la tecnología de CI (SIA, 2021).

El Congreso de Estados Unidos establece que este proyecto proporcionará créditos fiscales para la inversión en equipos de fabricación o en la construcción de fábricas nuevas y será de 40% hasta 2024, 30% en 2025, 20% en 2026 y se eliminará gradualmente en 2027. Igualmente se menciona que habrá un fondo de 750 millones de dólares durante 10 años que dependerá de los acuerdos que se alcancen con los países socios para promover políticas relacionadas con la microelectrónica, una mayor fortaleza en estas cadenas de valor y la alienación de políticas hacia economías de no mercado. Con el fin de promover la participación multilateral, el fondo se asignará mediante un mecanismo de financiamiento común (Warner, 2020).

Se deben asignar 5 mil millones de dólares al Departamento de Comercio para crear el Instituto Nacional de Fabricación de Empaques Avanzados con el fin de llevar a cabo inversiones en I+D para fomentar el diseño, desarrollo y fabricación de la microelectrónica de próxima generación. Se requiere crear un fondo de inversión de 500 millones de dólares, así como trabajar en equipo con el Secretario de Trabajo para capacitar a la fuerza laboral en capacidades avanzadas de empaque microelectrónico (Warner, 2020).

También se le solicita al Departamento del Comercio idear un plan federal de 10 mil millones de dólares que iguale los incentivos del gobierno estatal y local que ofrecen a las empresas para construir fábricas de CI (Warner, 2020). Así como evaluar la CGV y la

interdependencia de la industria estadounidense con otros países, sobre todo en la etapa de diseño y fabricación. En cuanto al Departamento de Defensa, se menciona que debe dar prioridad a programas y proyectos relacionados con los CI.

Se sugiere que el financiamiento en I+D se desglose de la siguiente manera: i) 2 mil millones de dólares para llevar a cabo la Iniciativa de Resurgimiento de la Electrónica de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA, por sus siglas en inglés); ii) 3 mil millones de dólares en programas de la Fundación Nacional de Ciencia; iii) 2 mil millones de dólares para investigación básica del Departamento de Energía (Warner, 2020).

Por otro lado, la iniciativa bipartidista *American Foundries* se enfoca en promover la producción nacional de CI avanzados y aumentar la capacidad de fabricación en Estados Unidos. Igualmente, el Congreso señala que esta legislación debe apoyar los proyectos comerciales y de I+D de la microelectrónica, así como se debe contar con un plan nacional de investigación.

Se indica que al Departamento de Comercio le confiere otorgar 15 mil millones de dólares en subvenciones a los estados con el fin de poder financiar la construcción, modernización o expansión de las instalaciones de I+D, fabricación y el ensamblaje, prueba y embalaje de nivel avanzado. Mientras que al Departamento de Defensa se le otorgan 5 mil millones de dólares para llevar a cabo proyectos con el sector privado con el fin de crear o modernizar la infraestructura de actividades de I+D para tener instalaciones de vanguardia y especializadas en la microelectrónica (Schumer, 2020).

También se establece que el Departamento de Estado, el Departamento de Tesoro y el Departamento de Comercio deben coordinarse con los países socios para establecer un control común de las exportaciones de la microelectrónica y tomar medidas de selección de IED. Asimismo, se prohíbe a las empresas de propiedad, controladas o influenciadas por el gobierno chino tener acceso a los fondos derivados de esta ley.

Se plantea que el financiamiento en I+D se desglose de la siguiente manera (Schumer, 2020): i) 2 mil millones de dólares para llevar a cabo la Iniciativa DARPA; ii) 1.5 mil millones

de dólares en programas de la Fundación Nacional de Ciencia; iii) 1.25 mil millones de dólares para investigación básica del Departamento de Energía; iv) 250 millones de dólares para el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología.

Asimismo, ambas iniciativas establecen que el presidente deberá tener un equipo encargado de desarrollar una estrategia nacional de investigación sobre la microelectrónica de próxima generación para generar cada año un informe que fomente la colaboración entre el sector público, el sector privado y el sector educativo.

Hasta el momento, ya existen ejemplos de anuncios de inversión derivados de la promoción por parte del gobierno estadounidense para incentivar la fabricación en su país **(cuadro 10)**.

**Cuadro 10**  
Estados Unidos: anuncios de inversión de fabricantes de CI

Compañía	Proyecto de inversión
TSMC	Esta empresa invertirá 12 mil millones de dólares en una fundidora de CI avanzados (5nm) en Arizona y se prevé que finalice en 2024.
Samsung	La compañía planea invertir 17 mil millones de dólares para aumentar la capacidad de producción que tienen en Estados Unidos y se estima que inicie operaciones en 2023. Samsung busca un reembolso de impuestos a 20 años para instalarse en Texas y está considerando ubicarse en Arizona y Nueva York.
Intel	La empresa invertirá 20 mil millones de dólares para construir dos fábricas nuevas en Arizona e incluso anunció que también funcionará como fundidora para otras compañías sin fábrica.
Global Foundries	Esta compañía está solicitando el apoyo del gobierno federal y local en forma de subsidios u otros incentivos para construir otra fábrica en Nueva York.

Fuente: elaboración propia con base en el Departamento de Comercio de Estados Unidos (2021); Reuters (2021); Kim y King (2021); Intel Corporation (2021); Global Foundries (2020).

### 4.3.2 Controles de exportación

La Ley de Reforma al Control de Exportaciones (ECRA, por sus siglas en inglés) aprobada en 2018 durante la administración Trump fue la respuesta inmediata del gobierno de Estados Unidos a los planes de China. En la actualidad, los controles de exportaciones dirigidos a empresas chinas continúan llevándose a cabo con el presidente Biden. Aunque la diferencia de la actual administración es que busca que estos se apliquen de manera multilateral, por lo que pretenden coordinarse con otros actores económicos de la CGV de CI como Japón, Corea de Sur y Europa (Kharpal, 2021).

Esta ley le exige al presidente y al Departamento de Comercio controlar las exportaciones de tecnologías que se consideran críticas (Everstream Analytics, 2021).



Específicamente son dos tipos de controles de exportación: “el basado en listas” y “los de uso final y de usuario final”. El primero hace referencia a las exportaciones de tecnologías de equipos de fabricación, materiales, software, información técnica y CI. Mientras que los segundos hacen alusión a usos finales que están prohibidos para tecnologías que se exportan y usuarios finales a los que no se les pueden enviar exportaciones. De acuerdo con Khan (2020), los controles de uso y usuario final son más estrictos porque restringen a ciertas entidades chinas y sus filiales acceder a prácticamente cualquier exportación relacionada con los CI.

Estos controles aplican para exportaciones directas de Estados Unidos a China y para bienes que son reexportados de otro país a China. El último caso es el de CI fabricados con materiales y equipos de fabricación estadounidenses en fundiciones de otras economías, como en Taiwán. Por ejemplo, Estados Unidos puede restringir las exportaciones o pedir licencias para exportar desde otra economía a China si los componentes estadounidenses superan el 25% del valor del CI (Everstream Analytics, 2021).

En el 2019 se limitaron las exportaciones al fabricante chino de equipo de telecomunicaciones más grande del mundo: Huawei y en el 2020 sucedió lo mismo con el fabricante de CI más grande de China: SMIC. Otras empresas chinas que se han visto afectadas son Fujian Jinhua Integrated Circuit Company, Chengdu Haiguang, ZTE Corporation, Dahua Technology (Everstream Analytics, 2021). Especialmente, el caso de Huawei es el más relevante por el impacto que generó en la industria de CI y en otros mercados (**cuadro 11**).

#### **Cuadro 11**

Estados Unidos: Lista negra del Departamento de Comercio, el caso Huawei

En 2019 se negaron licencias de exportación a Huawei, aunque después se permitió una licencia temporal hasta agosto de 2020 para ciertas exportaciones. Poco después, compañías como Intel, Broadcom y Qualcomm dejaron de proveer CI a Huawei. Incluso Google le suspendió la transferencia de hardware y software que no fueran de código abierto. También se vio afectada la filial HiSilicon que se dedica al diseño de CI, porque se prohibió la venta de software EDA y propiedad intelectual con el fin de que no pueda crear CI avanzados. Hubo intentos de empresas chinas de apoyar a Huawei en ese momento, sin embargo, los proveedores chinos aún no tienen la capacidad de brindar el nivel de tecnología que requiere Huawei. En 2021, la administración Biden modificó aún más las licencias de exportación para que no se le pueda proveer a Huawei de componentes necesarios para la implementación de la red 5G.

Fuente: elaboración propia con base en Freifeld (2021), Khan (2020), Kubota y Strumpf (2019).

Para Neuffer (2021), si los controles de exportación no se aplican de manera multilateral y no se centran en tecnologías críticas, entonces quienes se verán más afectadas serán las empresas estadounidenses. Según Varas y Varadarajan (2020), Estados Unidos puede perder el 8% de participación en el mercado global y el 16% de sus ingresos en los siguientes tres o cinco años e incluso si las prohibiciones son más estrictas y se prohíbe por completo el comercio con empresas chinas, entonces la participación de mercado se puede reducir 18% y los ingresos 37%. Esto reduciría los esfuerzos en I+D y gastos de capital, lo cual conduciría a una reducción de la competitividad estadounidense y dificultaría la capacidad de Estados Unidos para lograr avances tecnológicos que le aseguren su liderazgo frente a los competidores mundiales.

#### **4.3.3 Selección de inversión extranjera directa**

Otro mecanismo que ha utilizado el gobierno de Estados Unidos para frenar el avance chino es por medio de restricciones a las F&A de empresas estatales o privadas chinas. Por ejemplo, en el 2015 el gobierno de Estados Unidos bloqueó el intento de compra de America's Micron por parte de Tsinghua Unigroup (CNBC, 2015), en el 2016 también frenó las intenciones del Fondo Nacional de CI de China de comprar Lattice Semiconductor (Baker, 2016) y no le permitió a una subsidiaria de Tsinghua Unigroup adquirir el 15% de Western Digital (Mearian, 2016). Tampoco se permitió la compra de la empresa alemana AIXTRON por el Fondo de Inversión de CI de Fujian para evitar la venta de las subsidiarias en Estados Unidos (CEPAL, 2018). Otros intentos de adquisición que se prohibieron fueron la compra de Fairchild Semiconductor International, y GSR Ventures (Everstream Analytics, 2021).

Posteriormente, en el 2018 se aprobó la ley bipartidista denominada Ley de Modernización de la Revisión de Riesgos de Inversión Extranjera (FIRRMA) para que el Comité de Inversión Extranjera Directa y el presidente tengan más facultades para investigar, tomar medidas o bloquear F&A por temas relacionados con la seguridad nacional (Yoon-Hendricks, 2018). Incluso en el 2020 se amplió la autorización para bloquear o mitigar transacciones en empresas que produzcan, diseñen, fabriquen o desarrollen tecnologías de vanguardia e infraestructura crítica, pues no sólo se contemplan inversiones que den como resultado el control por parte de una entidad extranjera, sino también en transacciones que

otorguen derechos como acceso a la PI (Departamento del Tesoro de los Estados Unidos, 2021).

Confirmando la opinión de VerWey (2019), esta legislación contribuyó a una desaceleración de la IED saliente de China hacia Estados Unidos y el mundo, porque de 2017 a 2020 las F&A de China en el mundo se redujeron aproximadamente 77% y las adquisiciones dentro de Estados Unidos cayeron 89% (CEPAL, 2021).

La preocupación ante el aumento de F&A por parte de multinacionales chinas no es sólo de Estados Unidos, sino que es un fenómeno que se está dando en los países desarrollados para proteger sus industrias estratégicas (CEPAL, 2018). Incluso, la actualización de la Ley FIRREA permite un mejor intercambio de información entre los países socios con el fin de mejorar los mecanismos de revisión de inversiones (Jalinous *et al.*, 2019). Tal es el caso de la Unión Europea, quien en 2019 presentó normas para la selección de IED en sectores estratégicos como el de los CI y otras tecnologías modernas con el objetivo de detectar conjuntamente la finalidad de la IED, sin embargo, es decisión de cada nación decidir si restringe o no la entrada de inversiones. De acuerdo con Delaporte (2019), los objetivos del Reglamento Europeo son similares con el trabajo que realiza el Comité de Inversión Extranjera Directa en Estados Unidos porque ambas buscan supervisar la IED en sus territorios y proteger su base industrial haciendo alusión a la seguridad nacional.

Con la llegada del presidente Biden, el Comité de Inversión Extranjera Directa tendrá una participación relevante dentro de la estrategia del gobierno de Estados Unidos para proteger las cadenas de suministro y, sobre todo, controlar la propiedad extranjera en infraestructura y tecnología crítica (Jalinous *et al.*, 2021).

#### **4.4 Conclusiones preliminares**

La industria de CI se encuentra en el centro de la disputa tecnológica de Estados Unidos y China. La economía global poco a poco se adentra en la Cuarta Revolución Industrial, la cual se fundamenta en el despliegue de las tecnologías modernas que, a su vez, necesitan la tecnología que brindan los CI más avanzados. Por lo tanto, se puede decir que la producción de CI es uno de los elementos que está definiendo la hegemonía global.

A pesar del auge tecnológico de China en nuevas tecnologías, como el 5G y la inteligencia artificial, aún depende de CI avanzados porque sólo produce el 16% de lo que consume y sus empresas representan la mitad de ello. Por ello se estableció el Plan Nacional de CI en 2014, el cual se alinea con el objetivo de reducir la dependencia tecnológica extranjera del Proyecto Hecho en China 2025 y la Iniciativa de la Franja y la Ruta. A través de fondos gubernamentales se busca adquirir tecnología avanzada, ya sea a partir de empresas conjuntas, inversiones nuevas y la compra de equipo de fabricación. En especial se ha apoyado a cuatro campeones nacionales: Tsinghua Unigroup, SMIC, JCET y CEC.

La estrategia para frenar el avance chino en Estados Unidos comenzó con el presidente Trump a partir de controles de exportación a tecnología para producir CI, los cuales se dirigieron a empresas como Huawei y SMIC. Asimismo, se endurecieron las restricciones de IED en empresas que desarrollan tecnología de vanguardia, por ejemplo, las adquisiciones chinas en Estados Unidos cayeron 89% de 2017 a 2020. La administración Biden planea continuar la estrategia, aunque tiene la intención de que las medidas se apliquen de manera multilateral, así como fortalecer las alianzas con otros países para frenar el avance chino en la CGV de CI.

Las limitantes que Estados Unidos le está imponiendo a las empresas chinas y la escasez global de CI está incentivando al gobierno chino a acelerar sus objetivos, por ejemplo, se elevó la meta del uso de componentes locales a 80% para el 2030. Incluso, en el XIV Plan Quinquenal se establece apoyar a empresas que desarrollen CI con tecnología avanzada y se apeguen a las políticas chinas. Hasta el 2019, el gobierno chino ha invertido 100 mil millones de dólares a través de sus fondos de inversión. Sin embargo, sus CI van dos o tres generaciones atrás de los líderes de la industria.

Asimismo, la escasez de CI ha hecho que Estados Unidos considere crítico elevar su producción interna, porque si bien sus empresas lideran la industria, sólo el 12% de la fabricación de CI se realiza dentro de su país. Por ello surgen las iniciativas *CHIPS for America* y *American Foundries* con la propuesta de invertir 52 mil millones de dólares para impulsar la fabricación de CI en Estados Unidos. El objetivo es fortalecer la industria de CI, mejorar su posición frente a China y evitar disrupciones en otras cadenas de valor.

## Conclusiones generales

A manera de conclusión, se afirma que las hipótesis planteadas en la introducción de esta tesis son aceptadas. Primero se estudió el enfoque de CGV. Tomando en cuenta los supuestos del sistema-mundo de Wallerstein (2004) se establece que en el mundo existe la división internacional del trabajo con países tanto del centro como de la periferia. En este marco y con base en Gereffi y Korzeniewicz (1994) se indicó que el capitalismo actual conlleva la segmentación de las distintas etapas de la producción a través de redes interconectadas de empresas y países a la cual denominan cadena de valor. Como la organización industrial alcanza una escala global, entonces sus efectos se reflejan en los actores económicos que participan de la SIP. Por ello, con apoyo de Gereffi *et al.* (2005) se indicó que es importante conocer la gobernanza que ejercen las empresas líderes y los vínculos a lo largo de las cadenas de valor para comprender la capacidad de escalamiento en dichas redes de producción.

Sin embargo, este enfoque tiene ciertas limitaciones al explicar los efectos en términos de apropiación de valor agregado. En función de autores como Meyer-Stamer (2005) y Dussel (2008), se reconoce que por sí sola la inserción de las empresas en las CGV no garantiza una mayor generación de valor agregado, si no más bien depende de la competitividad sistémica de los territorios y los procesos en que se integran a las CGV. Por consiguiente, se señaló que las políticas con un enfoque sistémico como la política industrial son fundamentales para elevar la competitividad y ello se verifica con base en Hausmann y Rodrick (2006), CEPAL (2009) y Stiglitz (2016), que explican que la política industrial debe entenderse como el conjunto de herramientas y políticas para transformar y diversificar la estructura de la economía. Dado que la economía mundial está inmersa en CGV, se concuerda con Milberg (2013) y Gereffi (2018) que el objetivo de la política industrial tiene que ser mejorar la posición de los países en las redes globales de producción.

Seguidamente, se realizó un análisis detallado de la industria global de CI desde un enfoque de CGV y se comprobó la hipótesis central de la investigación. La característica principal de esta industria son las elevadas barreras a la entrada como altos montos de inversión en bienes de capital e I+D para estar a la vanguardia tecnológica. El diseño de un CI necesita de 170 a 540 millones de dólares, la construcción de una fábrica requiere de 7 a

20 mil millones de dólares para estar lista entre 2 y 5 años para ser obsoleta 6 años después y la maquinaria costar hasta 120 millones de dólares. Esto se debe a diversos factores, entre los cuales destacan: i) se requiere un amplio conocimiento y experiencia en softwares y procesos de fabricación acordes con el avance tecnológico; ii) la adquisición continua de licencias de PI; iii) un constante mantenimiento y actualización de las instalaciones, equipos y materiales de fabricación porque los avances tecnológicos son muy rápidos; iv) la fabricación de un CI tarda entre 3 y 5 meses. Todo lo cual es sumamente costoso y depende de la sofisticación de los CI. Por lo tanto, la especialización a partir de vínculos de tipo relacional es un rasgo particular de esta cadena de valor dada la necesidad de una estrecha colaboración e interdependencia de todos los segmentos en los que se divide.

Por tal razón, la base de esta industria es el modelo planta sin fábrica, el cual permite que las empresas líderes se dediquen al diseño de los CI, se contrate a empresas de fundición para la etapa de fabricación y se subcontrate el empaquetado a otras compañías. Por consiguiente, la apropiación de valor agregado se encuentra distribuida a lo largo de la cadena: i) el diseño concentra la mitad; ii) la fabricación absorbe una cuarta parte; iii) el empaquetado un 6%; iv) el resto lo generan los proveedores de software, PI, maquinaria y materiales.

De esta forma, Estados Unidos lidera la industria porque sus empresas concentran el 47% de los ingresos mundiales y se debe a que dominan la etapa de diseño por sus ventajas en I+D y tecnología. Tan sólo Intel, que es la empresa más grande, representa un tercio de la I+D que realiza la industria. Asimismo, los proveedores más importantes de softwares avanzados y PI son estadounidenses. Sin embargo, Estados Unidos ha perdido competitividad en la etapa de fabricación y actualmente sólo el 12% se realiza dentro de su país. Más bien, quienes controlan este negocio son Taiwán y Corea del Sur porque invierten constantemente en bienes de capital. Por ello es que la taiwanesa TSMC y la surcoreana Samsung tienen las fundiciones donde se producen los CI más avanzados que son menores a los 10nm. Por su parte, Europa ha optado por especializarse en proveer de maquinaria. Por ejemplo, la empresa ASML es la única con conocimiento para equipo de litografía que es clave para producir CI de última generación. Mientras que, Japón domina el mercado de materiales como el de obleas de silicio. En cambio, China está realizando grandes inversiones en I+D y bienes de

capital a lo largo de toda la cadena con el fin de que domine la producción global para el año 2030. Por ello, sus empresas trabajan juntas para acelerar los procesos de innovación, este caso es el de Huawei y JCET.

Debido a la presencia de vínculos de tipo relacional y dadas las características de la industria, el escalamiento con el fin de generar un mayor progreso técnico es posible sólo si se acompaña de la creación de capacidades endógenas. En función de ello fue como las economías del Este de Asia dominan actualmente el 75% de la producción de CI.

Posteriormente, se demostró que China quiere tener una mayor presencia en la industria de CI porque, a pesar de representar un tercio de la manufactura global y su auge en las tecnologías modernas como el 5G y la inteligencia artificial, aún depende de la importación de CI porque sólo produce el 16% de lo que consume y sus empresas representan la mitad de ello. Por lo cual, el gobierno ha estado apoyando esta industria mediante el Plan Nacional de CI para lograr el objetivo de reducir la dependencia tecnológica extranjera del Proyecto Hecho en China 2025. Incluso en el XIV Plan Quinquenal (2021-2025) se menciona que la producción de CI son una prioridad. A pesar de que el gobierno ha invertido alrededor de 100 mil millones de dólares y la industria china ha progresado, sus CI van dos o tres generaciones atrás de los líderes globales y se prevé que para el 2025 apenas cubrirá el 25% de su demanda interna, por ello sus objetivos aún son lejanos. Todo lo cual, se debe principalmente al bloqueo que Estados Unidos le está imponiendo a las empresas chinas como los controles de exportación de software avanzados, PI y maquinaria de CI. Así como el endurecimiento de las restricciones de IED en empresas que desarrollan tecnología de vanguardia, por ejemplo, las adquisiciones chinas en Estados Unidos cayeron 89% de 2017 a 2020.

Por otro lado, se argumentó que Estados Unidos considera que los planes industriales de China amenazan su hegemonía tecnológica del siglo XXI. La administración Biden planea continuar la estrategia del presidente Trump, aunque con un enfoque selectivo en la tecnología avanzada para frenar el avance chino en la CGV de CI. De otra forma, Estados Unidos puede perder el 8% de participación en el mercado global y el 16% de sus ingresos en los siguiente 5 años porque sus empresas dependen en gran medida de las ventas a China. Por ejemplo, Huawei y SMIC pueden adquirir CI de proveedores estadounidenses siempre y

cuando no sean los más avanzados para el despliegue de las tecnologías modernas. Además, el gobierno de Estados Unidos plantea dos iniciativas denominadas *CHIPS for America* y *American Foundries* para invertir 52 mil millones de dólares en la industria de CI y con ello atraer la inversión de empresas como TSMC y Samsung. Sin embargo, esto no es suficiente para reforzar la producción de CI porque no sólo se necesitan apoyos para construir si no para operar y actualizar las fábricas por el constante avance tecnológico. Este es un factor donde la competencia extranjera está mejor posicionada, por ejemplo, en Estados Unidos los costos son alrededor de 1.5 veces más elevados que en Asia.

En este marco, se comprobó la hipótesis asociada de esta investigación. La escasez de CI y la creciente competencia tecnológica ha urgido a los gobiernos a tomar medidas para ganar autonomía en la producción de CI. Dadas las elevadas barreras a la entrada, la complejidad del proceso productivo y la especialización de los actores económicos en cada etapa, dan cuenta que la intención de limitar las dependencias en la CGV originará que en el largo plazo exista una reorganización de la industria global a partir de crear alianzas estratégicas que les permita acortar la cadena de valor.

Por un lado, esta coyuntura está incentivando al gobierno chino a acelerar sus objetivos. Si bien sus CI no son de vanguardia tecnológica, la realidad es que se está llegando al límite de lo físicamente posible que puede ser un CI, por lo cual es posible que en 15 o 20 años China alcance a los líderes globales. Aunque para lograrlo necesita una demanda que le permita seguir innovando y produciendo cada vez más CI. Por ello, China ha estado aumentando su presencia a nivel regional y tiene la intención de crear cadenas de suministro regionales de las cuales sea el centro de fabricación de alta tecnología. Por ejemplo, la Iniciativa de la Franja y la Ruta y la Asociación Regional Económica Integral son esenciales para incentivar el comercio de CI y la adquisición de tecnología extranjera. En contra, el gobierno de Estados Unidos ha planteado que la estrategia de contención al avance chino debe ser multilateral y por esto tiene el objetivo de crear alianzas tecnológicas con las naciones del QUAD, el Este de Asia y el G7. Asimismo, retomó el DEAN con México en 2021 y plantearon coproducir CI y hacer más competitiva la región de América del Norte para evitar futuras interrupciones en las cadenas de valor, especialmente en la industria automotriz.



En este aspecto, México se ha visto fuertemente afectado por la escasez de CI. Su posición como periferia lo vuelve susceptible al exterior porque es altamente dependiente de la importación de este componente. El país no ha incentivado su producción interna y ello se ve reflejado porque es una industria con un valor agregado que crece menos que la media manufacturera por su baja productividad e inversión. Por ello, en el contexto del reacomodo de la industria global de CI, México tiene una oportunidad para elevar su participación en esta cadena de valor y sobre todo contemplando el valor de contenido regional que incluye el Tratado México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) para industrias como la automotriz, que es importadora neta de CI.

Finalmente, la realidad es que en la actualidad México no puede competir en las primeras dos etapas, sin embargo, sí lo puede hacer en el último segmento donde se empaquetan y programan los CI porque es donde existen algunas empresas con ese conocimiento en Jalisco, Baja California y Chihuahua. Todo lo cual depende de una correcta estrategia de desarrollo industrial de largo plazo que eleve las capacidades endógenas de los territorios a la par de ir reduciendo la importancia de programas de promoción de importaciones (*v.gr.* IMMEX y PROSEC). Entre otras cosas, se debe: i) aprovechar el interés de la industria automotriz por apoyar a este tipo de proveedores dada la escasez CI porque de esta forma se asegura que la producción no tendrá problemas de demanda; ii) facilitar la capacitación y certificación que se requiere tengan los proveedores para contar con las habilidades y técnicas necesarias; iii) dar oportunidades de financiamiento y con bajas tasas de interés a los proveedores para incrementar su capacidad productiva; iv) la inversión pública en infraestructura es básica para estimular la inversión privada; v) al mismo tiempo, se debe elevar el gasto en I+D e invertir en educación, sobre todo, en niveles superiores asociados a áreas vinculadas con el desarrollo tecnológico.

## Bibliografía

- Aerospace Semiconductor. (n.d.). *Commercial Aviation Semiconductors*. Retrieved August 25, 2020, from Aerospace Semiconductor: <https://www.aerospacesemi.com/markets/aviation/>
- Aiginger, K., & Rodrik, D. (2020). Rebirth of Industrial Policy and an Agenda for the Twenty-First Century. *Journal of Industry, Competition and Trade*.
- Alam, S., Chu, T., Lohokare, S., & Saito, S. (2020). *Globality and complexity of the Semiconductor Ecosystem*. Accenture; GSA.
- Arden, W., Brillouët, M., Cogez, P., Graef, M., Huizing, B., & Mahnkopf, R. (2010). *More than Moore, White Paper*.
- Arrighi, G., & Drangel, J. (1986). The Stratification of the World-Economy: An Exploration of the Semiperipheral Zone. *Review 10*, 26-27.
- Arrow. (n.d.). *ON Semiconductor Modems*. Retrieved August 25, 2020, from Arrow: <https://www.arrow.com/en/manufacturers/on-semiconductor/communication/modems>
- Ávila, J. (6 de Septiembre de 2021). *Clouthier: México busca producir semiconductores en alianza con Estados Unidos*. Obtenido de Expansión: <https://expansion.mx/economia/2021/09/06/clouthier-cadenas-de-suministro-summit-expansion-tmec>
- Baker, L. B. (2016, November 4). *Lattice Semiconductor to be bought by China-backed Canyon Bridge*. Retrieved from Reuters: <http://www.reuters.com/article/us-lattice-us-m-a-canyon-bridge-idUSKBN12Y1K5>
- Balderrama Santander, R., & Trejo Romero, A. (Julio-Septiembre de 2018). Hecho en China 2025 y la autosuficiencia en nuevas tecnologías. *Comercio Exterior Bancomext. Asia y el futuro de la globalización: innovación y tecnología para competir*(15).
- Barbe, A., Kim, D., & Riker, D. (2018, July). Trade and Labor in the U.S. Semiconductor Industry. *Journal of International Commerce and Economics*. Retrieved from <https://www.usitc.gov/journals>
- BBVA. (28 de Enero de 2020). *Computación cuántica: ¿en qué se diferencia de la computación clásica?* Obtenido de BBVA: <https://www.bbva.com/es/computacion-cuantica-en-que-se-diferencia-de-la-computacion-clasica/>
- Black, D. (2020, June 1). *10nm, 7nm, 5nm...Should the Chip Nanometer Metric Be Replaced?* Retrieved from HPCwire: <https://www.hpcwire.com/2020/06/01/10nm-7nm-5nm-should-the-chip-nanometer-metric-be-replaced/>
- Bourke, M. (2019, October 28). *Working in More-than-Moore*. Retrieved from LamResearch: <https://blog.lamresearch.com/working-in-more-than-moore/>
- Brown, C., & Linden, G. (2011). *Chips and Change: How Crisis Reshapes the Semiconductor Industry*. Cambridge: The MIT Press.
- Cai, P. (2017, March 22). *Understanding China's Belt and Road Initiative*. Retrieved from Lowy Institute: <https://www.lowyinstitute.org/publications/understanding-belt-and-road-initiative>
- Capri, A. (2020, January 17). *Semiconductors at the heart of the US-China tech war*. Retrieved from Hinrich Foundation: <https://www.hinrichfoundation.com/research/wp/tech/semiconductors-at-the-heart-of-the-us-china-tech-war/>
- CEPAL. (2018). *La Inversión Extranjera Directa en América Latina y el Caribe 2018*. Santiago.
- CEPAL. (2021). *La Inversión Extranjera Directa en América Latina y el Caribe 2021*. Santiago.
- CEPAL. (2009). *Acerca de Política y desarrollo industrial*. Recuperado el 27 de Abril de 2021, de CEPAL: <https://www.cepal.org/es/temas/politica-y-desarrollo-industrial/acerca-politica-desarrollo-industrial>
- CGTN. (2021, March 1). *China keeps position as world's largest manufacturing country*. Retrieved from CGTN: <https://news.cgtn.com/news/2021-03-01/China-keeps-position-as-world-s-largest-manufacturing-country-YgMDvUPrW0/index.html>
- Cimoli, M., Dosi, G., & Stiglitz, J. (2009). *Industrial Policy and Development: The Political Economy of Capabilities Accumulation. Initiative for Policy Dialogue*. United Kingdom: Oxford University Press.
- CNBC. (2015, July 14). *China's Tsinghua Unigroup plans \$23B bid for Micron Technology*. Retrieved from CNBC: <https://www.cnbc.com/2015/07/13/chinas-tsinghua-unigroup-makes-23b-bid-for-micron-technology.html>

- Computer History Museum. (n.d.). *Analog Integrated Circuits*. Retrieved August 25, 2020, from CHM: <https://www.computerhistory.org/revolution/digital-logic/12/281>
- Congressional Research Service. (2021). *China's New Semiconductor Policies: Issues for Congress*. Congressional Research Service.
- Crothers, B. (2013, August 28). *End of Moore's Law: It's not just about physics*. Retrieved from Cnet: <https://www.cnet.com/news/end-of-moores-law-its-not-just-about-physics/>
- Crowley, B. J., & Davis, R. (2020). *Made in the USA. Revitalizing the Domestic Semiconductor Industry*. Cambridge: Belfer Center for Science and International Affairs.
- Davis, B., & Dou, E. (2017, July 27). *China's Next Target: U.S. Microchip Hegemony*. Retrieved from The Wall Street Journal: <https://www.wsj.com/articles/chinas-next-target-u-s-microchip-hegemony-1501168303>
- De la Mora Sánchez, L. M. (2017). *Políticas para la atracción de inversión extranjera directa como impulsora de la creación de capacidades locales y del cambio estructural. El caso de México*. Santiago: CEPAL.
- Delaporte, M. (2019, March 26). *Europe Moves To Better Monitor Foreign Investments, Sort Of A CFIUS*. Retrieved from Breaking Defense: <https://breakingdefense.com/2019/03/europe-moves-to-better-monitor-foreign-investments-sort-of-a-cfius/>
- Ding Yi, B. (2020, June 23). *China's Tztek to Acquire German Firm to Enter Semiconductor Testing Market*. Retrieved from Caixin Global: <https://www.caixinglobal.com/2020-06-23/chinas-tztek-to-acquire-german-firm-to-enter-semiconductor-testing-market-101571420.html>
- Domínguez Oviedo, A. (23 de Mayo de 2021). ¿Por qué hay escasez de microchips? Profesor del tec lo explica. (Conecta, Entrevistador) Obtenido de <https://tec.mx/es/noticias/queretaro/investigacion/por-que-hay-escasez-de-microchips-profesor-del-tec-lo-explica>
- Dussel Peters, E. (2008). GCCs and Development: A Conceptual and Empirical Review. *Competition and Change*, 12(1), pp. 11-27.
- Dussel Peters, E. (2018). Cadenas globales de valor. Metodología, contenidos e implicaciones para el caso de la atracción de inversión extranjera directa desde una perspectiva regional. En E. Dussel Peters, *Cadenas Globales de Valor. Metodología, teoría y debates* (págs. 45-66). México, D.F.: UNAM.
- elEconomista.es. (11 de Junio de 2021). *La peor sequía de Taiwán en 50 años es la última maldición para el suministro mundial de chips*. Obtenido de El Economista: <https://www.eleconomista.es/economia/noticias/11267109/06/21/La-peor-sequia-en-50-anos-en-Taiwan-la-ultima-maldicion-para-el-suministro-mundial-de-chips.html>
- Electrical4U. (2020, January 4). *Integrated Circuits (ICs): What are the type of IC?* Retrieved from Electrical4U: <https://www.electrical4u.com/integrated-circuits-types-of-ic/>
- Ernst, D. (2013). An advanced manufacturing puzzle - why is China still playing second fiddle in semiconductors? *2013 anual meeting, panel on advance manufacturing: Today, tomorrow, and beyond*. American association for the advancement of science (AAAS). Retrieved from <http://aaas.confex.com/aaas/2013/webprogram/Session5981.html>
- Ernst, D. (2015). *From Catching Up to Forging Ahead: China's Policies for Semiconductors*. Honolulu: East West Center.
- Esteban, M. (19 de Noviembre de 2020). *Biden no es Trump, tampoco en lo que concierne a China*. Obtenido de Real Instituto Elcano: [http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/rielcano\\_es/contenido?WCM\\_GLOBAL\\_CONTEXT=/elcano/elcano\\_es/zonas\\_es/ari131-2020-esteban-biden-no-es-trump-tampoco-en-lo-que-concierne-a-china](http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/rielcano_es/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/elcano/elcano_es/zonas_es/ari131-2020-esteban-biden-no-es-trump-tampoco-en-lo-que-concierne-a-china)
- Etchegaray, Á. (21 de Marzo de 2021). *Principales prioridades de política económica de China para 2021, según las Dos Sesiones*. Obtenido de SupChina: <https://supchina.com/espanol/principales-prioridades-de-politica-economica-de-china-para-2021-segun-las-dos-sesiones/>
- Everstream Analytics. (2021). *U.S. And China Export Control Regulations: Implications For Global Tech Supply Chains*. Retrieved August 16, 2021, from Everstream Analytics: <https://www.everstream.ai/risk-center/special-reports/us-china-export-regulations/>

- Ezell, S. (2021, February 18). *Moore's Law Under Attack: The Impact of China's Policies on Global Semiconductor Innovation*. Retrieved from ITIF: <https://itif.org/publications/2021/02/18/moores-law-under-attack-impact-chinas-policies-global-semiconductor>
- Fact.MR. (n.d.). *High Purity Quartz Sand Market*. Retrieved August 14, 2021, from Fact.MR: <https://www.factmr.com/report/699/high-purity-quartz-sand-market>
- Feder, S. (2021, August 9). *Understanding the global chip shortage, a big crisis involving tiny components*. Retrieved from Popular Science: <https://www.popsci.com/technology/global-chip-shortage/>
- Feldshuh, H. (2021, May 20). *Semiconductor Self-Sufficiency: MIIT's Ambitions for 2021 and Beyond*. Retrieved from China Business Review: <https://www.chinabusinessreview.com/semiconductor-self-sufficiency-miits-ambitions-for-2021-and-beyond/>
- Feng, E. (2019). *How China acquired mastery of vital microchip technology*. Retrieved from Financial Times: <https://www.ft.com/content/7cfb2f82-1ecc-11e9-b126-46fc3ad87c65>
- Feng, Y., Wu, J., & He, P. (2018, December). Global M&A and the Development of the IC Industry Ecosystem in China: What Can We Learn from the Case of Tsinghua Unigroup? *Sustainability*, 11(1), pp. 1-16.
- Fitch, A., & Davis, B. (2020, March 9). *U.S. Chip Industry Fears Long-Term Damage From China Trade Fight*. Retrieved from The Wall Street Journal: <https://www.wsj.com/articles/chip-industry-fears-damage-china-trade-fight-11583693926>
- Freifeld, K. (2021, March 11). *Biden administration adds new limits on Huawei's suppliers*. Retrieved from Reuters: <https://www.reuters.com/article/us-usa-huawei-tech-idUSKBN2B3336>
- Fuller, D. (2016). *Paper Tigers, Hidden Dragons: Firms and the Political Economy of China's Technological Development*. Oxford: Oxford University Press.
- Garcia Herrero, A., & Ng, G. (2021, May 28). *Will the phantom of overcapacity return due to ballooning investment in semiconductors?* Retrieved from Natixis Research: <https://research.natixis.com/Site/en/publication/qnQOLx-ryOXJbNopKdKCyw%3D%3D?from=share>
- Gereffi, G. (1994). The Organization of Buyer-Driven Global Commodity Chains: How U.S. Retailers Shape Overseas Production Networks. In G. Gereffi, & M. Korzeniewicz, *Commodity Chains and Global Capitalism* (pp. 95-122). Westport: Praeger.
- Gereffi, G. (2001). Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización. *Problemas del Desarrollo, Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México*, 9-37.
- Gereffi, G. (2005). The global economy: Organization, governance, and development. In N. J. Smelser, & R. Swedberg, *The Handbook of Economic Sociology* (2nd ed., pp. 160-182). Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Gereffi, G. (2014). Global value chains in a post- Washington Consensus world. *Review of International Political Economy*, 9-37.
- Gereffi, G. (2018). Políticas de desarrollo productivo y escalamiento: la necesidad de vincular empresas, agrupamientos y cadenas de valor. En E. Dussel (Ed.), *Cadenas globales de valor. Metodología, teoría y debates* (págs. 13-44). Ciudad Universitaria, México: CECHIMEX.
- Gereffi, G., & Korzeniewicz, M. (1990). Commodity Chains and Footwear Exports in the Semiperiphery. In W. G. Martin, *Semiperipheral States in the World-Economy* (pp. 45-68). New York: Greenwood Press.
- Gereffi, G., & Korzeniewicz, M. (1994). *Commodity Chains and Global Capitalism*. Westport: Praeger.
- Gereffi, G., Humphrey, J., & Sturgeon, T. (2005). The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*, 78-104.
- GlobalFoundries. (2020, May 20). *GLOBALFOUNDRIES to Implement ITAR and Strict Security Assurances at its Advanced U.S. Semiconductor Manufacturing Facility*. Retrieved from GlobalFoundries: <https://gf.com/press-release/globalfoundries-implement-itar-and-strict-security-assurances-its-advanced-us>
- Gooding, M. (2021, January 19). *Biden presidency could boost chipmakers at home and abroad*. Retrieved from TechMonitor: <https://techmonitor.ai/techonology/hardware/biden-chipmakers>

- Grimes, S., & Du, D. (2020, April 18). China's Emerging Role in the Global Semiconductor Value Chain. *Telecommunications Policy*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S03008596120300513>
- Hammer, A. (2020). Exporting U.S. Innovative Capacity to China? A Case Study of Semiconductor Manufacturing Equipment. *China's Uneven High-Tech Drive*.
- Hausmann, R., & Rodrick, D. (2006). *Doomed to Choose: Industrial Policy as a Predicament*. Cambridge: Harvard University.
- He, T. (2021, July 27). *When the chips are down: Biden's semiconductor war*. Retrieved from The Interpreter: <https://www.lowyinstitute.org/the-interpreter/when-chips-are-down-biden-semiconductor-war>
- Hitachi High-Tech Global. (n.d.). 2. *Semiconductors in everyday life*. Retrieved Agosto 25, 2020, from HITACHI: <https://www.hitachi-hightech.com/global/products/device/semiconductor/life.html>
- Hopkins, T., & Wallerstein, I. (1986). Commodity Chains in the World-Economy Prior to 1800. *Review 10*, 159.
- Horwitz, J. (2020, May 18). *China Semiconductor Fab SMIC Gets \$2.2 bln Investment from Gov't Funds amid Global Chip*. Retrieved from Reuters: <https://www.reuters.com/article/china-semiconductor-smic/china-semiconductor-fab-smic-gets-22-bln-investment-from-govt-funds-amid-global-chip-spat-idUSL4N2D019Y>
- How Products are Made. (n.d.). *Television*. Retrieved August 25, 2020, from How Products are Made: <http://www.madehow.com/Volume-3/Television.html>
- Humphrey, J., & Schmitz, H. (2002). How does insertion in global value chains affect upgrading in industrial clusters? *Regional Studies*, 1017-1027.
- IC Insights. (2011, December 12). *Tracking the Top 10 Semiconductor Sales Leaders Over 26 Years*. Retrieved from IC Insights: <https://www.icinsights.com/news/bulletins/Tracking-The-Top-10-Semiconductor-Sales-Leaders-Over-26-Years/>
- IC Insights. (2020, March 19). *U.S. IC Companies Maintain Global Marketshare Lead*. Retrieved from IC Insights: <https://www.icinsights.com/news/bulletins/US-IC-Companies-Maintain-Global-Marketshare-Lead/>
- IC Insights. (2021, January 6). *China Forecast to Fall Far Short of its "Made in China 2025" Goals for ICs*. Retrieved from IC Insights: <https://www.icinsights.com/news/bulletins/China-Forecast-To-Fall-Far-Short-Of-Its-Made-In-China-2025-Goals-For-ICs/>
- INEGI. (2021). *Censos Económicos 2019*. Obtenido de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>
- INEGI. (2021). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Obtenido de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- INEGI. (2021). *Valor Agregado de Exportación de la Manufactura Global*. Obtenido de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/temas/pibval/>
- Intel. (n.d.). *Consumer*. Retrieved August 25, 2020, from Inter: <https://www.intel.com/content/www/us/en/smart-home/products/programmable/overview.html>
- Intel Corporation. (2021, March 23). *Intel Announces \$20 Billion Investment for Two New Arizona Fabs*. Retrieved from Intel Fact Sheet: <https://newsroom.intel.com/wp-content/uploads/sites/11/2021/03/Intel-Arizona-manufacturing-15073363.pdf>
- Jalinous, F., Mildorf, K., Schomig, K., Sowerby, S., & Jorgensen, S. (2019). *Foreign Investment Review Heats Up Following CFIUS Reform*. Retrieved from Bloomberg Law: <https://www.bloomberglaw.com/product/health/document/XDKFFQAC000000>
- Jalinous, F., Mildorf, K., & Schomig, K. (2021, July 30). *CFIUS set to continue careful scrutiny under Biden Administration*. Retrieved from White & Case: <https://www.whitecase.com/publications/insight/us-ma-2021/cfius-biden-administration>
- Khan, S. M. (2020). *U.S. Semiconductor Exports to China: Current Policies and Trends*. CSET.
- Khan, S. M., & Flynn, C. (2020). *Maintaining China's dependence on democracies for advanced computer chips*. Brookings.
- Khan, S. M., Mann, A., & Peterson, D. (2021). *The Semiconductor Supply Chain: Assessing National Competitiveness*. CSET.

- Kharpal, A. (2020, August 10). *China unveils policies to boost chipmakers as tensions with U.S. rise. Analysts say they may not help*. Retrieved from CNBC: <https://www.cnn.com/2020/08/11/china-policies-to-boost-chipmakers-as-tensions-with-us-rise.html>
- Kharpal, A. (2021, April 28). *First 100 days: Biden keeps Trump-era sanctions in tech battle with China, looks to friends for help*. Retrieved from CNBC: <https://www.cnn.com/2021/04/29/biden-100-days-china-tech-battle-sees-sanctions-remain-alliances-made.html>
- Kim, S. (2019, December 23). *Behind Samsung's \$116 Billion Bid for Chip Supremacy*. Retrieved from Bloomberg: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-12-23/behind-samsung-s-116-billion-bid-for-chip-supremacy>
- Kim, S., & King, I. (2021, January 22). *Samsung Considers \$10 Billion Texas Chipmaking Plant, Sources Say*. Retrieved from Bloomberg: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-01-22/samsung-is-said-to-consider-10-billion-texas-chipmaking-plant>
- Klayman, B., & Nellis, S. (2021, January 14). *Trump's China tech war backfires on automakers as chips run short*. Retrieved from Reuters: <https://www.reuters.com/article/us-autos-tech-chips-focus-idUSKBN29K0GA>
- Kleinhans, J.-P., & Baisakova, N. (2020, October). *The Global Semiconductor Value Chain*. Retrieved from Stiftung Neue Verantwortung: [https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/the\\_global\\_semiconductor\\_value\\_chain.pdf](https://www.stiftung-nv.de/sites/default/files/the_global_semiconductor_value_chain.pdf)
- Kogut, B. (1985). Designing global Strategies: Comparative and Competitive Value-Added Chains. *Sloan Management Review*, 15-28.
- Kubota, Y., & Strumpf, D. (2019, June 2). *American Threat to Huawei's Chip Maker Shows Chinese Tech Isn't Self-Sufficient*. Retrieved from Wall Street Journal: <https://www.wsj.com/articles/huaweis-main-chip-maker-faces-long-term-risks-from-u-s-ban-11559467846>
- Kumar, S., & Krenner, N. (2002). Review of the Semiconductor Industry and Technology Roadmap. *Journal of Science Education and Technology*, 229-236.
- Lewis, J. A. (2019). *Learning the Superior Techniques of the Barbarians. China's Pursuit of Semiconductor Independence*. Washington, DC: CSIS.
- Lin, L. (2019, April 2). *Huawei's HiSilicon may soon topple MediaTek to become Asia's leading chip designer*. Retrieved from KrASIA: <https://kr-asia.com/huaweis-hisilicon-may-soon-topple-mediatek-to-become-asias-leading-chip-designer>
- Linear Integrated Systems. (2019, April 11). *Linear Systems Introduces New Low-Noise Semiconductor Testing Capability*. Retrieved from PR Newswire: <https://www.prnewswire.com/news-releases/linear-systems-introduces-new-low-noise-semiconductor-testing-capability-300830273.html>
- Liu, L. (2019, October 30). *China's 'Big Fund' Phase II Aims at IC Self-Sufficiency*. Retrieved from EE Times: <https://www.eetimes.com/chinas-big-fund-phase-ii-aims-at-ic-self-sufficiency/>
- Los Angeles Times. (4 de Febrero de 2022). *Cámara Baja de EE.UU. aprueba un plan para ganar a China y fabricar más chips*. Obtenido de Los Angeles Times: <https://www.latimes.com/espanol/eeuu/articulo/2022-02-04/camara-baja-de-ee-uu-aprueba-un-plan-para-ganar-a-china-y-fabricar-mas-chips#:~:text=La%20iniciativa%2C%20llamada%20E2%80%9CEstados%20Unidos,las%20cadenas%20de%20suministro%20globales>
- Loukil, R. (2016, Février 10). *Pourquoi un fonds chinois entre au capital de Soitec*. Récupéré sur L'usine Digitale: <https://www.usine-digitale.fr/article/pourquoi-un-fonds-chinois-entre-au-capital-de-soitec.N378551>
- Mártel, I. (15 de Abril de 2016). *El circuito integrado: la tecnología que cambió nuestra vida*. Obtenido de Público: <https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2016/04/15/el-circuito-integrado-la-tecnologia-que-cambio-nuestra-vida/>
- Martínez Rangel, R., & Soto Reyes Garmendía, E. (2012). El Consenso de Washington: la instauración de las políticas neoliberales en América Latina. *Política y Cultura*, 37, págs. 35-64.
- Maxim Integrated. (n.d.). *Military and Aerospace Semiconductors*. Retrieved August 25, 2020, from Maxim Integrated: <https://www.maximintegrated.com/en/markets/military-aerospace.html>
- Mearian, L. (2016, February 24). *China's Unisplendour drops bid to buy WD stake*. Retrieved from ComputerWorld: <https://www.computerworld.com/article/3037517/chinas-unisplendour-force-to-drop-bid-to-buy-wd-stake.html>

- Mervis, J. (2021, April 6). *Biden, Congress roll out big plans to expand National Science Foundation*. Retrieved from ScienceMag: <https://www.sciencemag.org/news/2021/04/biden-congress-roll-out-big-plans-expand-national-science-foundation>
- Meyer-Stamer, J. (2005). Systemic Competitiveness Revisited. Conclusions for Technical Assistance in Private Sector Development. Mesopartner Working Paper(14). Retrieved from Mesopartner: [https://www.mesopartner.com/fileadmin/media\\_center/Working\\_papers/mp-wp14\\_01.pdf](https://www.mesopartner.com/fileadmin/media_center/Working_papers/mp-wp14_01.pdf)
- MI. (n.d.). *Mobile Phone Semiconductor Market - Growth, Trends, and Forecast (2020 - 2025)*. Retrieved August 25, 2020, from Mordor Intelligence: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/mobile-phone-semiconductor-market-growth>
- Milberg, W. (2013). Industrial policy when global value chains matter. *Multi-year Expert Meeting on Enabling Economic Environment at all Levels in Support of Inclusive and Sustainable Development*. UNCTAD.
- Millard, J., Larsen, B. P., Rytz, B. K., Maarten de Vet, J., Vodovar, M., Wymenga, P., . . . Stenning, J. (2012). *Internationalisation and fragmentation of value chains and security* . European Commission, DG Enterprise and Industry.
- National Science Board. (2018). *Science & Engineering Indicators 2018*. Retrieved from National Science Board: <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/>
- Neuffer, J. (2021, April 20). *SIA Applauds Introduction of Endless Frontier Act to Advance U.S. Technology Leadership*. Retrieved from SIA: <https://www.semiconductors.org/sia-applauds-introduction-of-endless-frontier-act-to-advance-u-s-technology-leadership-2/>
- Nikolic, B. (n.d.). *What is Spintronics?* Retrieved from University of Delaware: [http://www.physics.udel.edu/~bnikolic/teaching/ss\\_spintronics/ss\\_spintronics.html](http://www.physics.udel.edu/~bnikolic/teaching/ss_spintronics/ss_spintronics.html)
- OECD. (2018, March). *Putting faces to the jobs at risk of automation*. Retrieved from Policy brief on the future of work: <https://www.oecd.org/employment/Automation-policy-brief-2018.pdf>
- OECD. (2019). *Artificial Intelligence & Responsible Business Conduct*. Retrieved from OECD: <http://mneguidelines.oecd.org/RBC-and-artificial-intelligence.pdf>
- OECD. (2019, March). *Enhancing Access and Connectivity* . Retrieved from OECD: <https://www.oecd.org/going-digital/enhancing-access-digital-transformation.pdf>
- OECD. (2019, December 12). Measuring distortions in international markets: The semiconductor value chain. *OECD Trade Policy Papers*(234).
- OECD. (2019). *Measuring the Internet of Things*. Retrieved from OECD: <http://www.oecd.org/going-digital/mdt-roadmap-measuring-internet-of-things.pdf>
- OECD. (2020). *Chapter 11. Artificial intelligence, blockchain and quantum computing*. Retrieved from OECD Digital Economy Outlook: [https://www.oecd-ilibrary.org/sites/bb167041-en/1/3/11/index.html?itemId=/content/publication/bb167041-en&\\_csp\\_=509e10cb8ea8559b6f9cc53015e8814d&itemIGO=oecd&itemContentType=book#section-239](https://www.oecd-ilibrary.org/sites/bb167041-en/1/3/11/index.html?itemId=/content/publication/bb167041-en&_csp_=509e10cb8ea8559b6f9cc53015e8814d&itemIGO=oecd&itemContentType=book#section-239)
- OECD and Allianz. (2005). *Opportunities and risks of Nanotechnologies*. Retrieved March 24, 2021, from OECD: <https://www.oecd.org/science/nanosafety/44108334.pdf>
- Okmetic. (2016, September 15). *Okmetic Oyj applies for delisting of its shares from the official list of Nasdaq Helsinki*. Retrieved from Globe Newswire: <https://www.globenewswire.com/news-release/2016/09/15/872002/0/en/Okmetic-Oyj-applies-for-delisting-of-its-shares-from-the-official-list-of-Nasdaq-Helsinki.html>
- ON Semiconductor. (n.d.). *Consumer Applications*. Retrieved August 25, 2020, from ON Semiconductor: <https://www.onsemi.com/applications/consumer>
- Panchanathan, S. (2021, May 28). *Statement by NSF Director Sethuraman Panchanathan on the President's FY22 Budget Request*. Retrieved from National Science Foundation: [https://www.nsf.gov/news/news\\_summ.jsp?cntn\\_id=302803](https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=302803)
- Parker, D., & Thomas, C. (2013). Winning share in automotive semiconductors. In B. Hasenstab, *McKinsey on Semiconductors* (pp. 34-41). McKinsey&Company.
- Pavel, E. (2017, November 20). *Semiconductors in Healthcare*. Retrieved from Lam Research: <https://blog.lamresearch.com/semiconductors-in-healthcare/>
- Pavel, E. (2017, July 24). *Semiconductors in Wired Communications*. Retrieved from Lam Research: <https://blog.lamresearch.com/semiconductors-in-wired-communications/>

- Platzer, M. D., & Sargent Jr., J. F. (2016). *U.S. Semiconductor Manufacturing: Industry Trends, Global Competition, Federal Policy*. Washington, DC: Congressional Research Service.
- Platzer, M., Sargent Jr., J., & Sutter, K. (2020, October 26). *Semiconductors: U.S. Industry, Global Competition, and Federal Policy*. Retrieved from Federation of American Scientists: <https://fas.org/sgp/crs/misc/R46581.pdf>
- PR Newswire. (2019, June 5). *Global and China \$578 Bn Integrated Circuit Industries Markets, 2014-2018 & 2019-2023*. Retrieved from CISION: PR Newswire: <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-and-china-578-bn-integrated-circuit-industries-markets-2014-2018--2019-2023-300862541.html>
- Randall, S. (2019, November 13). *SILICON / Why Chinese EDA tools lag behind*. Retrieved from TechNode: <https://technode.com/2019/11/13/silicon-why-chinese-eda-tools-lag-behind/>
- Renesas. (n.d.). *Discrete & Power Devices*. Retrieved August 25, 2020, from Renesas: <https://www.renesas.com/us/en/products/power-and-discrete.html>
- Reuters. (2021, May 4). *Chipmaker TSMC eyeing expansion of planned Arizona plant -sources*. Retrieved from Reuters: <https://www.reuters.com/technology/chipmaker-tsmc-eyeing-expansion-planned-arizona-plant-sources-2021-05-04/>
- Riquelme, R. (26 de Septiembre de 2021). *México puede fortalecer diseño, fabricación y programación de chips: industria*. Obtenido de El Economista: <https://www.economista.com.mx/tecnologia/Mexico-puede-fortalecer-diseno-fabricacion-y-programacion-de-chips-industria-20210924-0091.html>
- Robertson, J. (1999). Dram densities developing more slowly, SIA says. *Electronic Buyer News*.
- Roca, J. (25 de Enero de 2021). *NVIDIA y Qualcomm firman con TSMC para utilizar su siguiente nodo*. Obtenido de HardZone: <https://hardzone.es/noticias/procesadores/tsmc-5-nm-nvidia-qualcomm/>
- Rodríguez, O. (2006). La concepción del sistema centro-periferia. En O. Rodríguez, *El estructuralismo latinoamericano* (págs. 53-72). México: CEPAL.
- Romero, J. (Marzo-Abril de 2016). Política industrial: única vía para salir del subdesarrollo. *Economía Informa*(397).
- Rosales, O. (2020). *El Sueño Chino. Cómo se ve China a sí misma y cómo nos equivocamos los occidentales al interpretarla*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores.
- RT. (18 de Marzo de 2021). *Causas de la crisis de escasez de chips y vías de solución*. Obtenido de RT: <https://actualidad.rt.com/video/386812-causas-crisis-escasez-chips-vias-solucion>
- Ruehl, M., Kyngé, J., & Stacey, K. (2020, December 2). *Chinese state-backed funds invest in US tech despite Washington curbs*. Retrieved from Financial Times: <https://www.ft.com/content/745abeca-561d-484d-acd9-ad1caedf9e9e>
- Ruiz Durán, C. (18 de Agosto de 2021). *Sector automotor, epicentro de la recuperación y del conflicto*. Obtenido de El Financiero: <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/clemente-ruiz-duran1/2021/08/18/sector-automotriz-epicentro-de-la-recuperacion-y-del-conflicto/>
- Sáenz, A., Rangel, D., Ramírez, L., López, L., Fuentes, J., & Esparza, S. (Octubre-Diciembre de 2017). Aplicación de nanotubos de carbono. *CienciAcierta*. Obtenido de Universidad Autónoma de Coahuila.
- Schneider-Petsinger, M. (2021, March 10). *Three pillars for a US trade strategy in Asia-Pacific*. Retrieved from Chatham House: <https://www.chathamhouse.org/2021/03/three-pillars-us-trade-strategy-asia-pacific>
- Schumer, C. E. (2020, June 28). *With The Support Of New York'S Semiconductor Industry, Schumer Announces Bipartisan American Foundries Act, Bolstering U.S. Leadership In Microelectronics Sector, Dramatically Increasing Investment In Domestic Facilities, & Keeping Production On Our Shore*. Retrieved from Charles E. Schumer: <https://www.schumer.senate.gov/newsroom/press-releases/with-the-support-of-new-yorks-semiconductor-industry-schumer-announces-bipartisan-american-foundries-act-bolstering-us-leadership-in-microelectronics-sector-dramatically-increasing-investment-in-domes>
- Secretaría de Economía. (2021). *Sistema de Consulta de Información Estadística por País*. Obtenido de Secretaría de Economía: [http://www.economia-snci.gob.mx/sic\\_php/pages/estadisticas/](http://www.economia-snci.gob.mx/sic_php/pages/estadisticas/)
- Secretaría de Economía. (2021). *Sistema de Información Arancelaria Vía Internet*. Recuperado el Julio de 23 de 2021, de SIAVI 5.0: <http://www.economia-snci.gob.mx/>



- SEMI. (2019). *China IC Ecosystem*. SEMI.
- Shidong, Z. (2019, May 22). *China offers five-year tax breaks to chip makers, software developers to bolster industry as trade war stretches to tech*. Retrieved from South China Morning Post: <https://www.scmp.com/business/article/3011377/china-offers-five-year-tax-breaks-chip-makers-software-developers-bolster>
- Shih, S. (1992). Empowering technology-making your life easier. In *Acer's Report*. New Taipei.
- SIA. (2019). *2019 Factbook*. SIA.
- SIA. (2020). *2020 Factbook*. SIA.
- SIA. (2020). *2020 State of The U.S. Semiconductor Industry*. SIA.
- SIA. (2020). *Strengthening The U.S. Semiconductor Industrial Base*. SIA.
- SIA. (2021, April 20). *SIA Applauds Introduction of Endless Frontier Act to Advance U.S. Technology Leadership*. Retrieved from Semiconductor Industry Association: <https://www.semiconductors.org/sia-applauds-introduction-of-endless-frontier-act-to-advance-u-s-technology-leadership-2/>
- SIA. (2021, August 3). *SIA Calls for House Passage of Bipartisan Research Bills*. Retrieved from SIA: <https://www.semiconductors.org/sia-calls-for-house-passage-of-bipartisan-research-bills/>
- SIA and Nathan Associates. (2016). *Beyond Borders, The Global Semiconductor Value Chain*. Washington, DC: Nathan Associates.
- Stiglitz, J. E. (2016). *Industrial policy, learning, and development*. Helsinki, Finland: WIDER.
- Stiglitz, J., Lin, J. Y., & Monga, C. (2013). Introduction: The Rejuvenation of Industrial Policy. In J. Stiglitz, & J. Y. Lin, *The Industrial Policy Revolution I: The Role of Government Beyond Ideology* (pp. 1-15). Palgrave Macmillan.
- Sutter, K. M., & Sutherland, M. D. (2021). *China's 14th Five-Year Plan: A First Look*. Congressional Research Service.
- Tao, L. (2018, May 10). *How China's 'Big Fund' is helping the country catch up in the global semiconductor race*. Retrieved from South China Morning Post: <https://www.scmp.com/tech/enterprises/article/2145422/how-chinas-big-fund-helping-country-catch-global-semiconductor-race>
- Techcet. (2020, January 16). *Semiconductor Materials growing to nearly \$50B Market in 2020 after Downturn*. Retrieved from Techcet: <https://techcet.com/semiconductor-materials-growing-to-nearly-50b-market-in-2020-after-downturn/>
- TechInsights. (n.d.). *Consumer Electronics*. Retrieved August 25, 2020, from Tech Insights: <https://www.techinsights.com/technical-capabilities/overview/markets-served/consumer-electronics>
- TechInsights. (n.d.). *Semiconductors*. Retrieved August 25, 2020, from Tech Insights: <https://www.techinsights.com/technical-capabilities/overview/markets-served/semiconductors>
- The Economist. (2021, August 7). *The chip shortage is a self-solving problem*. Retrieved from The Economist: <https://www.economist.com/leaders/2021/08/07/the-chip-shortage-is-a-self-solving-problem>
- Thomas, C. A. (2021, January 7). *Lagging but motivated: The state of China's semiconductor industry*. Retrieved from Brookings: <https://www.brookings.edu/techstream/lagging-but-motivated-the-state-of-chinas-semiconductor-industry/>
- TWI. (n.d.). *What is burn-in testing related to electronics devices?* Retrieved August 28, 2021, from TWI: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-burn-in-testing-related-to-electronics-devices>
- U.S. Congress. (n.d.). *American Foundries Act of 2020*. Retrieved from <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/4130>
- U.S. Congress. (n.d.). *CHIPS for America Act*. Retrieved from <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/7178>
- U.S. Department of Commerce. (2020). *Bureau of Economic Analysis*. Retrieved from <https://www.bea.gov/>
- U.S. Department of Commerce. (2021). *Review of Semiconductor Manufacturing and Advanced Packaging*. In *Building resilient supply chains, revitalizing american manufacturing, and fostering broad-based growth*. Washington, D.C.: The White House.

- U.S. Department of the Treasury. (2021). *The Committee on Foreign Investment in the United States (CFIUS)*. Retrieved from <https://home.treasury.gov/policy-issues/international/the-committee-on-foreign-investment-in-the-united-states-cfius>
- UNCOMTRADE. (2020). *Download Trade Data*. Retrieved July 5, 2021, from UN Comtrade: International Trade Statistics: <https://comtrade.un.org/Data/>
- UNCTAD. (2013). *World Investment Report 2013: Global Value Chains: Investment and Trade for Development*. New York and Geneva: United Nations.
- UNCTAD. (2019). *World Investment Report 2019: Special Economic Zones*. New York: United Nations.
- USGS. (2020). *Mineral Commodity Summaries 2020*. Washington, DC: USGS.
- USITC. (2018). *DataWeb*. Retrieved from <https://dataweb.usitc.gov/>
- USTR. (2018). *National Trade Estimate Report*.
- Varas, A., & Varadarajan, R. (2020, March 9). *How Restricting Trade with China Could End US Semiconductor Leadership*. Retrieved from BCG: <https://www.bcg.com/publications/2020/restricting-trade-with-china-could-end-united-states-semiconductor-leadership>
- Varas, A., Varadarajan, R., Goodrich, J., & Yinug, F. (2020). *Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufacturing*. BCG and SIA.
- Varas, A., Varadarajan, R., Goodrich, J., & Yinug, F. (2021). *Strengthening the global semiconductor supply chain in an uncertain era*. BCG and SIA.
- VerWey, J. (2018, March). Global Value Chains: Explaining U.S. Bilateral Trade Deficits in Semiconductors. (USITC, Ed.) *Executive Briefing on Trade*, 1. Retrieved from [https://www.usitc.gov/publications/332/executive\\_briefings/ebot-semiconductor\\_gvc\\_final.pdf](https://www.usitc.gov/publications/332/executive_briefings/ebot-semiconductor_gvc_final.pdf)
- VerWey, J. (2019). *Chinese Semiconductor Industrial Policy: Past and Present*. United States International Trade Commission, Journal of International Commerce and Economics.
- Wallerstein, I. (2004). *World-System Analysis. An Introduction*. Durham and London: Duke University Press.
- Warner, M. R. (2020, June 10). *Bipartisan, Bicameral Bill Will Help Bring Production of Semiconductors, Critical to National Security, Back to U.S.* Retrieved from Mark R. Warner: <https://www.warner.senate.gov/public/index.cfm/2020/6/bipartisan-bicameral-bill-will-help-bring-production-of-semiconductors-critical-to-national-security-back-to-u-s>
- Yinug, F. (2016, January 28). *How U.S. Semiconductor Technology Strengthens our Military on the Battlefield*. Retrieved from Semiconductor Industry Association: <https://www.semiconductors.org/how-u-s-semiconductor-technology-strengthens-our-military-on-the-battlefield/>
- Yoon-Hendricks, A. (2018, August 1). *Congress Strengthens Reviews of Chinese and Other Foreign Investments*. Retrieved from The New York Times: <https://www.nytimes.com/2018/08/01/business/foreign-investment-united-states.html>
- Yue, C. P., & Lu, T. (2017). *China's Latest Overseas M&A in the Semiconductor Industry*. IEEE Solid-State Circuits Magazine.