



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Economía

División de Estudios Profesionales

**México en la integración de Cadenas
Globales de Valor: el caso de la Industria
Aeroespacial**

TESINA

Que para obtener el título de

Licenciado en Economía

P R E S E N T A

Joaquín Sánchez Gómez

ASESOR: DR. CLEMENTE RUIZ DURÁN



Ciudad Universitaria. Septiembre de 2019.



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.

A Louisa Schiaffino y su sonrisa

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme sus puertas y permitirme formarme profesionalmente en sus aulas y espacios dedicados a la investigación. Sin el apoyo de mi *alma máter* nada de esto hubiera sucedido.

A mis padres Paola y Joaquín, por darme vida y apoyarme para no dejar los sueños en el camino.

Al Dr. Clemente Ruiz Durán, por su motivación y apoyo en asesorarme en este trabajo; por brindarme su confianza al invitarme a participar en su equipo de investigación y ser un engrane fundamental de mi formación como economista y; sobretodo, por su amistad.

Al Dr. Juan Carlos Moreno-Brid, por su amistad y confianza al invitarme a colaborar con él, inicialmente como asistente de docencia y como colaborador en múltiples y diversos proyectos. Gracias a él he podido aprender un poco más y ver con un enfoque distinto.

A la Dra. Gabriela Dutrénit Bielous, por incluirme en el proyecto Políticas de Desarrollo Productivo, donde tuve la oportunidad de conocer a actores fundamentales de la industria y a participar en el Seminario de Políticas de Desarrollo Productivo en la oficina para México y Cuba de la Organización Internacional del Trabajo.

A mis sinodales Dr. David Cervantes, Dr. Mario Alberto Morales, Ing. Franco Guerrero y Lic. Samy Morales por darse la tarea de leerme y enriquecer este trabajo con sus comentarios.

A mi amigo José Ángel Alonso, por su valioso apoyo técnico para graficar los encadenamientos de la Industria Aeroespacial.

Índice

Objetivos de la Investigación	4
Introducción	5
Capítulo I: La Industria Aeroespacial	6
<i>En el mundo</i>	7
<i>En México</i>	10
<i>México en la producción de aviones acrobáticos y militares.....</i>	14
Capítulo II: Cadena de Valor de la Industria Aeroespacial en México	16
<i>Nodos de la Industria Aeroespacial</i>	20
<i>Conclusión</i>	46
Capítulo III: Política Industrial en México.....	48
<i>Políticas de ciencia, tecnología e innovación.....</i>	49
<i>Políticas de educación y capacitación</i>	51
<i>Políticas dirigidas a promocionar industrias seleccionadas.....</i>	53
a. <i>Objetivos de las políticas enfocadas a la IA</i>	56
b. <i>Planeación a nivel regional</i>	58
Bibliografía	62

Objetivos de la Investigación

Objetivo general

El propósito de esta investigación es desarrollar la cadena de valor de la Industria Aeroespacial y analizar cuales han sido los instrumentos de política industrial que han servido para el desarrollo de este conjunto de actividades.

Objetivo particular

En particular, detallar en qué medida se han integrado productores a esta industria a nivel nacional y la forma en que han contribuido a la generación de valor agregado, empleo y al desarrollo de encadenamientos productivos.

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT IN310519 “Las cadenas de valor y el surgimiento de ciudades interactivas”.

Introducción

La integración de México a la cadena de valor de la Industria Aeroespacial tiene origen en el proceso de descentralización de la producción de la aviación comercial por parte de los principales países productores (Estados Unidos, Canadá, Brasil y la Unión Europea), producto del aumento en el uso del transporte aéreo y de mantener la producción de aeronaves espaciales y artefactos militares en los países de origen, como parte de una estrategia de seguridad nacional. A partir de los años 90, un grupo de países entre los cuales figuró México, comenzaron a captar inversión para instalar centros de proveeduría en los niveles *tier II* y *tier III* de la producción de aeronaves comerciales. Con ello, las empresas fabricantes de equipos originales, gobiernos federal y estatales y, la academia a través de múltiples universidades y centros de investigación asociados con la industria; realizaron el gran esfuerzo de consolidar un esquema de tipo *Triple Hélice*, el cual sentó las bases para la construcción de un conjunto de clústeres en múltiples regiones del país, como Querétaro principalmente, Baja California, Sonora, Guanajuato, Nuevo León y Chihuahua.

En el primer capítulo se abordan los antecedentes la Industria Aeroespacial en México; los inicios de la aviación comercial en el país, como uno de los pioneros; el desarrollo de la industria en los diferentes estados y; la importancia de México en el mercado de aviones acrobáticos. En el segundo capítulo se describe la metodología de análisis y se desarrolla la cadena de valor de la industria, la cual se compone por una gran variedad de actividades vinculadas a las industrias electrónica, química, mecánica, de sistemas de refrigeración y software, entre muchas otras; se estiman los multiplicadores de producción bruta, valor agregado y trabajo a efecto de conocer cuál es el impacto de este conjunto de actividades en el total de la economía mexicana. Finalmente, en el último capítulo, se elabora un análisis de política industrial bajo diferentes enfoques: 1.- en términos de desarrollo científico, tecnológico y de innovación; 2.- en educación y capacitación y; 3.- en promoción de la industria.

Capítulo I: La Industria Aeroespacial

La industria aeroespacial (IA) refiere a todas aquellas actividades productivas orientadas a la fabricación de artefactos que orbitan dentro y fuera de la atmósfera (Carrincazeaux & Frigant, 2007), es decir, a la construcción, diseño y producción de insumos de aviones, helicópteros, misiles, satélites, motores y equipos electrónicos a bordo. Es, también, una industria interrelacionada con otros sectores manufactureros como las industrias electrónica, mecánica, de sistemas de refrigeración, software entre otras. De acuerdo con Hualde y Carrillo (2007), se trata de una industria de industrias.

La concentración de la industria es muy alta debido a que participan pocas empresas en el mercado, ya que existe una barrera tecnológica muy grande que impide que surjan nuevos competidores; tan sólo en la fabricación de turbinas existen tres grandes fabricantes a nivel mundial: Rolls-Roys, Pratt & Whitney y General Electric. Las empresas dedicadas a las actividades espaciales y aeronáuticas se distinguen por ser organizaciones del tipo jerárquicas con fuertes montos de inversión en investigación y desarrollo. En el argot se les conoce como *Original Equipment Manufacturer* (OEM) a los fabricantes de equipos originales quienes encabezan la cadena de valor, y cuya selección de proveedores se centra en gran medida en las habilidades técnicas que estos posean.

En la industria espacial la participación de los gobiernos nacionales determina el rumbo del sector, ya que en este rubro juega un papel importante el desarrollo de aeronaves, satélites y otro tipo de equipos requeridos para llevar a cabo programas comandados por las agencias espaciales como la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) de los Estados Unidos, la *Roscosmos State Corporation for Space Activities* (RFSA) de Rusia, entre otras. En este mismo sentido, los diferentes departamentos de defensa han requerido del diseño y fabricación de aeronaves de guerra, misiles y otro tipo de instrumentos que son fabricados con la colaboración de grandes empresas del sector como Boeing, Lockheed Martin, Bombardier y Airbus, por mencionar algunas de las más importantes.

Actualmente, la comercialización de los productos en el sector es más rápida en la aviación comercial que en la industria espacial, debido a que en los últimos años el uso de aeronaves como medio de transporte es cada vez más frecuente, reflejándose en la saturación de rutas y aeropuertos. De acuerdo con Carrillo y Hualde (2007), a partir de la década de los 90 la organización de las OEM dio un gran cambio ante las innovaciones en las industrias de la electrónica y las telecomunicaciones, donde los sistemas de software y eléctricos implementados en las aeronaves se volvieron tan importantes como el fuselaje. En este sentido, las OEM delegaron algunas responsabilidades a ciertos proveedores de escala global, organizándose en estructuras piramidales lideradas por las OEM. De tal forma que, algunas de las operaciones de la manufactura aeronáutica fueron deslocalizadas a países emergentes donde se han desarrollado grandes clústeres de proveeduría para las OEM.

En el mundo

A nivel global la Industria Aeroespacial (IA) se localiza principalmente en los países desarrollados como: Estados Unidos, Canadá, Francia, Alemania, Reino Unido; además de Rusia, China y Brasil. En el caso de los Estados Unidos, existen varios clústeres a lo largo del territorio. El más importante de estos se encuentra en el estado de Washington, en la región de Seattle – Tacoma, donde se ubica la planta de ensamble con el mayor volumen de producción donde se fabrican los modelos 747, 767, 777 y la última línea del 787 *Dreamliner*, la cual pertenece a Boeing. Sin embargo, esta empresa también ensambla desde los estados de Kansas, Ohio y Missouri. Por su parte, dos de los tres fabricantes de motores se encuentran en Estados Unidos: Pratt & Whitney con sede en el estado de Connecticut y General Electric en Massachusetts. Ambas empresas lograron desarrollar un clúster en la región de la costa este, donde se cuentan con plantas en New Hampshire, North Carolina, Kentucky, Vermont, Connecticut, West Virginia y Maine; y en el sur del país en los estados de Texas y Florida. En este sentido, el desarrollo de la IA canadiense se vio favorecido por la aglomeración de empresas del sector en América del Norte. Con la compra de Canadair por parte del fabricante de

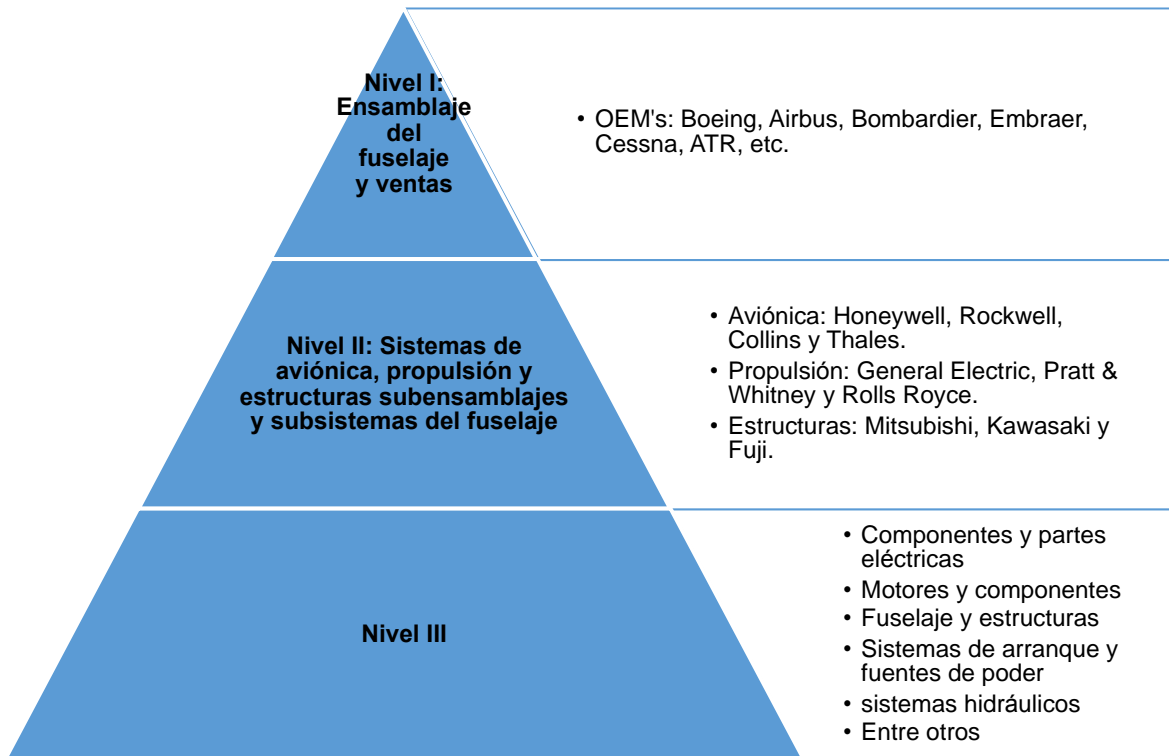
ferrocarriles Bombardier, en 1989 se fundó Bombardier Aerospace, la cual se dedica principalmente al diseño, ensamble y comercialización de aeronaves regionales de corto y mediano alcance para la aviación civil y la industria militar. Esta empresa tiene sede en Quebec y cuenta con plantas de producción en Quebec y Ontario. Por su parte, la fusión de Aérospatiale, Deutsche Airbus, Fokker y CASA dio origen a una de las más grandes empresas del sector: Airbus Group SE, la cual cuenta con cerca de 16 plantas de producción en cuatro países, donde el ensamblaje final se realiza en las fábricas de Toulouse y Hamburgo, en Francia y Alemania respectivamente. Por último, se encuentran las compañías como la brasileña Embraer y la rusa United Aircraft Corporation (UAC), la cuales han sido impulsadas desde los gobiernos nacionales y que actualmente son líderes en el mercado ruso y de aviación regional. En el caso de la IA en Rusia, ésta genera cerca de 355,300 empleos. Por su parte Embraer es la tercera compañía aeronáutica con la fuerza laboral más grande (por detrás de Boeing y Airbus).

Las empresas ubicadas en el nivel 2 se consideran privilegiadas dentro de la cadena de abastecimiento de la IA, debido a la producción de insumos estratégicos para el desarrollo de aeronaves. Las principales actividades relacionadas en este nivel están vinculadas al desarrollo y producción de sistemas de propulsión, aviónica y de estructuras. Sumadas a los tres grandes fabricantes de turbinas, existen algunas empresas proveedoras de motores pequeños para aviones de menor alcance; algunas de estas son Volvo Aero, Alenia y CAE. Por su parte, el desarrollo de sofisticados sistemas de navegación ha estado a cargo de empresas como Honeywell y Rockwell Collins las cuales tienen sede en Estados Unidos y Thales Group en Francia. Estas empresas fueron las precursoras en la implementación del sistema de navegación GPS, el cual revolucionó la forma en que los aviones se guían durante el vuelo, al dejar de usar el sistema de radiofrecuencia VHF el cual requiere del uso de antenas terrestres que emiten señales a las aeronaves para brindarles información sobre su posición geográfica.

Las empresas vinculadas en esta industria se distinguen por llevar una relación de colaboración entre sí mismas, que permite se obtengan innovaciones más profundas en términos de la especialización de cada empresa. Por ejemplo, en

cuestiones relacionadas a las estructuras de las aeronaves, compañías como Mitsubishi, Kawasaki y Fuji ubicadas en Japón, se han especializado en el desarrollo de fuselajes con materiales cada vez más ligeros, así como de estructuras que permitan transportar – en términos de aviación comercial- un mayor número de pasajeros.

Gráfico I. Esquema Conceptual de la Cadena de Valor de la Industria Aeroespacial



Fuente: US International Trade Commission (2001).

Las empresas ubicadas en el nivel III de la Cadena de Valor de la IA, participan en la producción de subensambles, sistemas hidráulicos y partes del fuselaje, que constituyen un grupo concentrado de productores con un puñado de firmas dominantes en cada segmento (Carrillo y Hualde, 2007). Finalmente, a este conjunto se le añade una amplia red de proveeduría de componentes y subcomponentes de partes eléctricas y mecánicas; éste nivel se caracteriza por concentrar las actividades que, dentro de la cadena de valor, incorporan la menor cantidad de valor añadido a las aeronaves.

La innovación en los sistemas eléctricos y electrónicos redefinió la manera en que las aeronaves se manufacturan, promoviendo la reorganización de la producción, pasando de una estructura rígida y jerárquica a una más descentralizada. Este proceso logró integrar a la cadena de valor a una gran cantidad de empresas ubicadas en países en desarrollo con amplia tradición manufacturera para convertirse en proveedores de componentes de trenes de aterrizaje, motor, materiales compuestos, herramientas de control, neumáticos de alta presión, entre otros insumos.

En México

México incursionó en la aviación comercial desde hace más de cien años, con el inicio de operaciones de Aeroméxico y Mexicana de Aviación, ambas de las primeras aerolíneas en el mundo. El primer aeropuerto en México se construyó por iniciativa del presidente Venustiano Carranza en 1915 en los llanos de Balbuena¹, y se convirtió más tarde en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. De igual modo, México también fue de los primeros países en América Latina en tener un taller de reparación, inaugurado en el aeródromo de Balbuena, conocido como MRO (mantenimiento, reparación y revisión / *Maintenance, Repair & Overall*). A partir de entonces, en el país se va desarrollando una larga experiencia en reparar y mantener aeronaves y componentes aeronáuticos. Con la participación del Ejército Mexicano, en los talleres de Balbuena se comenzaron a fabricar los primeros aviones en México, incluso se inventó y patentó la hélice Anáhuac, la cual fue exportada a otros países por su gran valor aerodinámico (Romero, 2010).

Sin embargo, el desarrollo de la IA moderna en México se explica con la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y con la existencia de otras industrias como metalmecánica, automotriz y electrónica, que contaban con capital humano suficiente para el arribo y desarrollo de nuevas industrias al país

¹ El UNIVERSAL. “Cuando el aeropuerto era un llano de Balbuena”. 17 de noviembre de 2018.

<https://www.eluniversal.com.mx/mochilazo-en-el-tiempo/cuando-el-aeropuerto-era-un-llano-de-balbuena>

vinculadas a la producción de aeronaves, helicópteros e instrumental espacial y militar.

La integración de México en la cadena global de valor ha sido bajo un esquema de proveeduría a nivel *tier II* y *tier III*. Esta industria se encuentra presente en 18 estados de la República, sin embargo, los principales distritos industriales se encuentran en Querétaro, Baja California, Chihuahua, Sonora, Nuevo León y Guanajuato. Este proceso ha sido fomentado a través de “la atracción de empresas líderes, ofreciendo facilidades fiscales y comerciales” con el propósito de aprovechar la cercanía con Estados Unidos (Sandoval & Morales, 2019, pág. 36). Bajo este supuesto, yace la idea de que estas empresas logren generar encadenamientos productivos con las empresas locales, creando economías de aglomeración. En este sentido, la IA en México se compone en su mayoría por las actividades de proveeduría en industrias complementarias como la química, electrónica y de telecomunicaciones. Los principales productos que se elaboran en México por parte de las OEM son arneses, semi-conductores, componentes para los turborreactores, estructuras completas para el ensamble del fuselaje y -recientemente- aviones acrobáticos y de uso de las fuerzas armadas; con la participación de empresas como Bombardier, Safran, General Electric, Airbus, entre algunas otras. De acuerdo la Secretaría de Economía², la IA ha logrado crecer en promedio 17% anual, lo que ha permitido al país colocarse como un lugar atractivo para el desarrollo de productos ubicados en los segmentos de menor valor agregado de la cadena de valor (Sandoval & Morales, 2019).

Durante los primeros años del gobierno de Vicente Fox, se empieza el proceso de inserción de nuevas empresas de la IA en el país. En ese momento había en el país cerca de 60 empresas nacionales y extranjeras, algunas con más de 30 años de existencia (González, 2015). “No le llamaban sector Aeroespacial, era un sector de manufactura que hacía partes para aviones, y entre ellos había algunas empresas interesantes, sobre todo que estaban metidas en temas de ingeniería” (Sandoval M., 2018). Una década después, en 2014, había ya más de 300 empresas, incluyendo

² PROMÉXICO (2015), Mexico's Aerospace Industry Road Map 2015, PROMÉXICO, Ciudad de México, México.

OEM, tier 1, tier 2 y tier 3, los que realizaban fabricación de partes, subensambles, materiales, actividades de ingeniería y diseño, y otros servicios, incluyendo MRO (PROMÉXICO, 2015).

Algunas de las empresas multinacionales más importantes del mundo, se encuentran operando en México. La tabla I lista las más importantes. Entre ellas, destacan Bombardier, General Electric, Grupo Safran, y Honeywell, que han encontrado en México las condiciones para desarrollar líneas de producción, laboratorios, y centros de ingeniería y diseño. Gradualmente van desarrollando capacidades para evolucionar hacia productos más complejos.

Tabla I. Compañías globales en México, 2015

País	Número	Compañías
Estados Unidos	9	General Electric, Gulfstream Aerospace, Honeywell Aerospace, MD Helicopters, Sargent Aerospace, Textron-Cessna, Bell Helicopter, Beechcraft, United Technologies Aerospace System.
Francia	4	Daher Aerospace, Latecoere, Safran Group, Zodiac Aerospace.
Reino Unido	3	Eaton Aerospace, GKN, Meggitt.
España	2	Aeronova, ITP Group.
Europa	1	Airbus Group.
Canadá	1	Bombardier Aerospace.
Holanda	1	Fokker.

Fuente: González (2015), basado en FEMIA.

En lo que respecta al comercio internacional, entre 2006 y 2015, las exportaciones registraron una tasa de crecimiento anual promedio del 15% y alcanzaron un valor de 7.1 MMD en 2016³. Se estima que el 87% de la producción aeroespacial del país tiene como destino el mercado de Estados Unidos. En lo que se refiere al empleo, en 2014 la IA empleó a más de 45,000 personas; este indicador creció 4 veces entre 2006 y 2014 (González, 2015) (FEMIA/PROMÉXICO, 2012).

La IA se encuentra distribuida en 18 estados⁴ de la República Mexicana, y se han conformado cinco clústeres estatales, en los cuales se concentra gran parte de las

³ PROMEXICO 2017, <https://www.mms-mexico.com/articulos/industria-aeroespacial-oportunidades-en-pleno-vuelo>

⁴ Casalet (2013) identifica las actividades principales de la IA por cada estado.

actividades de producción y apoyo de la IA. La tabla II lista los estados, su especialización y algunos de las principales empresas establecidas en ellos.

Tabla II. Principales Clústeres en México

Clústeres	Especialidad	Principales jugadores
Baja California	Eléctrico-electrónico/ Manufactura de partes	53 empresas: Honeywell
Chihuahua	Eléctrico-electrónico, manufactura de partes y fuselajes, interiores, maquinados	35 empresas: Labinal (Grupo Safran), Cessna
Querétaro	Fabricación de componentes de motor, ensamble de componentes de avión, MRO, motor y trenes de aterrizaje	35 empresas: Bombardier, ITR México, Snecma, GE
Sonora	Manufactura de motores y turbinas, fuselaje y materiales compuestos	33 empresas: Goodrich, Esco
Nuevo León	Forjas, fabricación de componentes, maquinados	24 empresas: Frisca Aerospace, M.D Helicopters
Guanajuato	Fabricante de Pegagus PE-210A	Oaxaca Aerospace.

Fuente: FEMIA/SE (2012).

Las empresas de la IA se concentran en actividades manufactureras (72%), actividades de I+D (13%), MRO (11%) y entidades de apoyo (4%) (PROMÉXICO, 2015).

El desarrollo de la IA en México es resultado de la conjunción de varios factores, entre los que se destacan la estrategia de las empresas multinacionales para reposicionarse a nivel internacional, fortaleciendo sus cadenas globales de valor, y las acciones del gobierno para atraer la inversión extranjera directa en este sector y crear condiciones para su localización (Domínguez & Brown, 2018). El diseño y la implementación de una política de desarrollo productivo (PDP) para la IA ha contribuido a desencadenar el crecimiento que ha mantenido esta industria en los últimos años. Esta PDP es resultado de la participación de empresas, academia y gobierno.

México en la producción de aviones acrobáticos y militares

En los últimos 20 años, en México se ha emprendido un gran esfuerzo por desarrollar aeronaves que tengan oportunidad para competir en los mercados globales. En el segmento de aviones acrobáticos, México ha logrado posicionarse como un incipiente producto en esta industria. Con el apoyo de la Secretaría de Economía y el CONACYT se logró financiar la creación de empresas como HorizonTec, quienes lanzaron su primero proyecto llamado Halcon 1, el cual estuvo financiado a través del Fondo de Innovación Tecnológica. Durante este desarrollo el CONACYT -a través del Centro Nacional de Tecnología Aeronáutica (CENTA)- permitió a esta empresa hospedarse en sus instalaciones en Querétaro para aprovechar el uso de infraestructura y el apoyo profesional de los investigadores de este centro. Esto contribuyó sustancialmente a que se llevara a cabo la producción de los modelos Halcón 1 y Halcón 2.



Avión: Halcón HI. Fabricante: HorizonTec.
Fotografía: propia.

Sumado a este esfuerzo, en San Miguel de Allende se estableció Oaxaca Aerospace, donde se produce el modelo Pegasus PE-210. Este avión -presentado en la Feria Aeroespacial de México 2017- ha logrado posicionarse entre las principales opciones de compra de la Fuerza Aérea Mexicana, al ser un equipo similar al popular Texan, el cual es fabricado en Estados Unidos y se emplea para labores de combate y vigilancia, sin embargo, el precio de venta y los costos de mantenimiento son sustancialmente más bajos para el Pegasus PE-210. Por ello, en 2017 Oaxaca Aerospace y la SEDENA firmaron un convenio de colaboración para el desarrollo e intercambio de tecnología, así como la exclusividad para el Ejército en la prueba de estas aeronaves.



Avión Pegasus PE-210. Fabricante: Oaxaca Aerospace.
Fotografía: ADN sureste.

La IA en México se compone de la formación de un conjunto de actividades industriales y de servicios vinculadas a las industrias metalmecánicas, química, eléctrica, entre otras. Esta industria contribuye de forma parcial al ensamble de aeronaves que son armadas -finalmente- en Estados Unidos, Canadá o Europa. Como ejemplo, en la ciudad de Querétaro se ensambla el empenaje del *Global 7000* de Bombardier, el cual es transportado hasta Toronto, Canadá vía terrestre para

finalizar su proceso de producción. Ejemplos como este contribuyen a que en México se estructure una cadena global de valor más compleja de la que se aproxima en otras investigaciones, pues son un conjunto de actividades industriales las que participan y se vinculan en la conformación de clústeres industriales.

Conclusión

El camino para fabricar un avión en México ha sido difícil. Si bien el país fue pionero en la aviación y el establecimiento de talleres MRO en el mundo, consolidar una industria aeroespacial mexicana ha sido un reto que no termina su marcha. El principal impedimento es la falta de confianza en las instancias normativas como lo es la Dirección General de Aeronáutica Civil, que no cuenta con capacidad técnica suficiente y el aval de los grandes compradores a nivel mundial, que permitan certificar la manufactura de un avión comercial en México; empero, ha sido posible encontrar nichos de oportunidad en la fabricación de aviones acrobáticos y de uso militar, como lo han hecho HorizonTec y el Ejército Mexicano con los modelos Halcón H1 y H2 y Pegasus. Sin embargo, México ha logrado posicionarse entre los países más atractivos para las empresas abocadas a la IA, en torno al proceso de descentralización de la manufactura aeroespacial. Esto se debe a la capacidad y tradición manufacturera que se ha desarrollado en México a lo largo de las últimas décadas y a las bondades del TLCAN en la facilitación del comercio con Estados Unidos y Canadá, permitiendo que en múltiples regiones del país se establezcan empresas proveedoras de OEM, así como centros de investigación y universidades dedicadas a la IA. El desarrollo de la IA en México se ha fincado bajo una estrategia de atracción de Inversión Extranjera Directa (IED) de empresas tractoras, en el marco de un esquema orientado a las exportaciones. Las principales empresas que se establecieron en el país lo hicieron motivadas por los bajos costos salariales y logísticos asociados con la proximidad con Estados Unidos y Canadá. Esta industria se ha caracterizado por su dinamismo, el alto nivel de especialización del capital humano, el uso de tecnología aplicada en los procesos y por el alto valor agregado que se incorpora en las diferentes etapas de la producción.

Capítulo II:

Capítulo II: Cadena de Valor de la Industria Aeroespacial en México

En este capítulo se desarrolla la cadena de valor de la IA, con base en el modelo analítico de Insumo-Producto (Leontief, 1986) y el apoyo de el Directorio de Unidades Económicas de INEGI se logró identificar a las principales actividades que componen la IA en México. Fue posible hallar los encadenamientos utilizando la Matriz de Insumo Producto para el año 2013 y el software *Mathematica*, que permite realizar la metodología que más adelante se describe, utilizando solamente a aquellos encadenamientos hacia atrás que representan a las actividades proveedoras que añaden más del 5% a la producción en hasta tres pasos.

$$x_i = z_{i1} + z_{i2} + z_{i3} + \dots + z_{in} + f_i \quad [1]$$

Donde x_i representa el Valor Bruto de la Producción (también llamada Producción Total) del sector i -ésimo; z_{i1} representa la cantidad de la producción del sector i -ésimo que es demandada por el sector 1; z_{i2} representa la cantidad de la producción del sector i_n que es demandada por el sector 2; en general, z_{ij} representa la cantidad de la producción del sector i_n que es demandada por el sector j_n ; f_i representa la cantidad de la producción del sector i_n que es demandado por los consumidores finales.

Dado que la información de cada sector requiere ser representado por una ecuación como la [1], el sistema completo de ecuaciones se representa en una notación matricial:

$$x = Zl + f \quad [2]$$

Donde x es el vector, de dimensión n , de Valor Bruto de la Producción; Z es una matriz, de dimensión $n \cdot n$, de transacciones intermedias; l es un vector unitario

de dimensión n , también llamado vector suma; f es un vector, de dimensión n , de demanda final.

La ecuación [2] describe los destinos de la producción de cada sector, los cuales pueden ser otros sectores productivos o consumidores finales. Si nos concentramos en la columna i_n de la matriz de transacciones intermedias, cada elemento representa la cantidad de cada producto que demanda el sector i_n para poder llevar a cabo su proceso productivo. Por ejemplo, al analizar la fabricación de una aeronave, a través de esta metodología encontraríamos (en unidades monetarias) las cantidades de acero, plástico, componentes electrónicos y mecánicos necesarios para generar el VBP de una aeronave (o de todo el conjunto de esta actividad industrial).

En el análisis de insumo-producto, un supuesto fundamental es que la cantidad de insumos demandados por cada industria depende directamente del nivel de producción de cada industria. Es decir que, volviendo al ejemplo de la producción de aeronaves, la cantidad de acero demandada es proporcional a la cantidad de aeronaves producida.

En términos algebraicos, lo anterior implica que:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad [3]$$

Donde a_{ij} es conocido como coeficiente técnico y representa la cantidad del producto del sector i_n demandada por cada unidad de producción del sector j_n . Un conjunto de todos los coeficientes técnicos de una economía en un arreglo matricial es conocido como matriz estructural o matriz de coeficientes técnicos (Leontief, 1986), la cual denominaremos A , de dimensiones $n \cdot n$.

Tomando esto en consideración, podemos reescribir la ecuación [2] como:

$$x = Z\hat{x}^{-1}x + f \quad [4]$$

$$x = Ax + f \quad [5]$$

Donde f representa la construcción de un vector en diagonal y^{-1} indica la inversa de una matriz. Despejando x de la ecuación [5], tenemos que:

$$x - Ax = f \quad [6]$$

$$(I - A)x = f \quad [7]$$

$$x = (I - A)^{-1} = Lf \quad [8]$$

Donde $L = (I - A)^{-1}$ es conocida como la matriz inversa de Leontief. Cada elemento L_{ij} de la matriz inversa de Leontief indica cuánto incrementará la producción del sector i_n si la demanda final del sector j_n se incrementa en una unidad (Miller, 2009). En una economía interconectada, la producción de un sector no sólo depende de la demanda final de su propio producto, sino de la demanda de productos de otros sectores, pues los segundos requieren de insumos para producir, lo cual genera demanda de bienes y servicios de forma indirecta. Por ejemplo, cuando se demanda una aeronave nueva, no sólo se genera actividad en el sector productor de equipo aeroespacial, sino que se genera demanda de acero, por lo que el sector productor de acero demanda, a su vez, minerales como hierro y carbón, los cuales requieren de energía eléctrica para ser extraídos de la tierra; la producción de energía eléctrica demandará productos del petróleo y éstos a su vez generarán una demanda de servicios financieros, por mencionar un ejemplo. En una economía interconectada, existen miles de caminos distintos, a través de los cuales la demanda final de un sector

impacta en forma directa e indirecta al resto del sistema. Esto queda claro al analizar cada una de las ecuaciones del sistema [8]:

$$x_i = I_{i1}f_1 + I_{i2}f_2 + \dots I_{ij}f_j + \dots I_{in}f_n \quad [9]$$

El valor bruto de la producción del sector i_n depende de forma directa e indirecta de la demanda final de los n sectores.

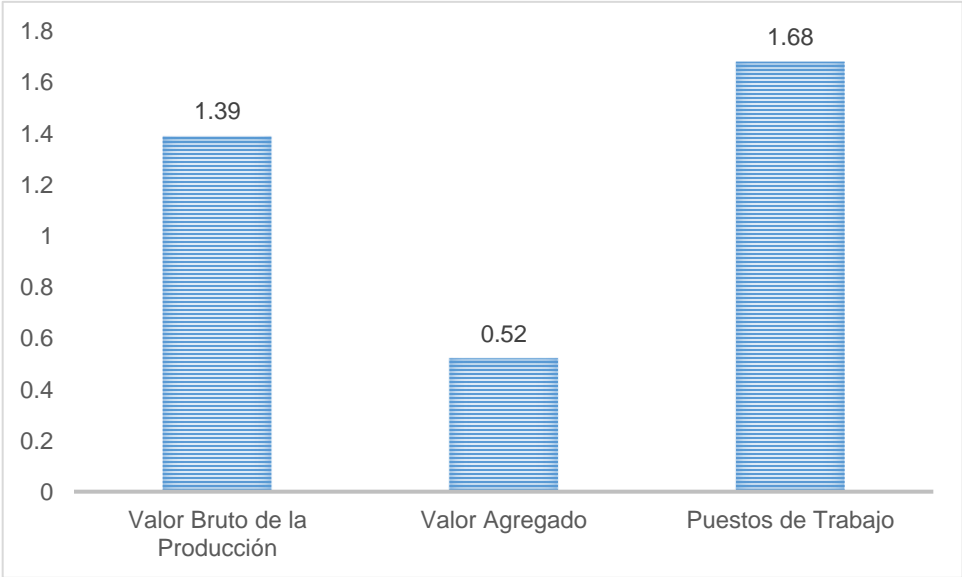
Nodos de la Industria Aeroespacial

Fabricación de Equipo Aeroespacial

La Fabricación de equipo aeroespacial (336410) refiere a las unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación y reconstrucción de equipo aeroespacial, como motores de combustión interna, turbinas y transmisiones para aeronaves (INEGI, 2013). Esta actividad es el eslabón más importante de la cadena de valor de la IA, por concentrar a las OEM que tienen operaciones en México, como lo son Safran, Bombardier, Duqueine, Messier Dowty, Wiremasters, entre otras. En México estas empresas se dedican a la fabricación de estructuras y componentes aéreos. En el caso de Safran, en México se cuenta con dos plantas en Querétaro dedicadas a la manufactura de componentes para turbinas CFM56 y SaM146 (utilizadas en la mayoría de los aviones utilizados por Aeroméxico e Interjet) y una planta en Chihuahua, considerada la más grande del mundo en la fabricación de arneses aeroespaciales.

Esta actividad interactúa con el resto de la economía al comprar insumos y vender sus productos dentro o fuera del mercado mexicano; sin embargo, sus encadenamientos hacia atrás más fuertes son principalmente con cuatro actividades (Diagrama I): laminación secundaria de cobre, comercio al por mayor, fundición y refinación de cobre y minería de cobre.

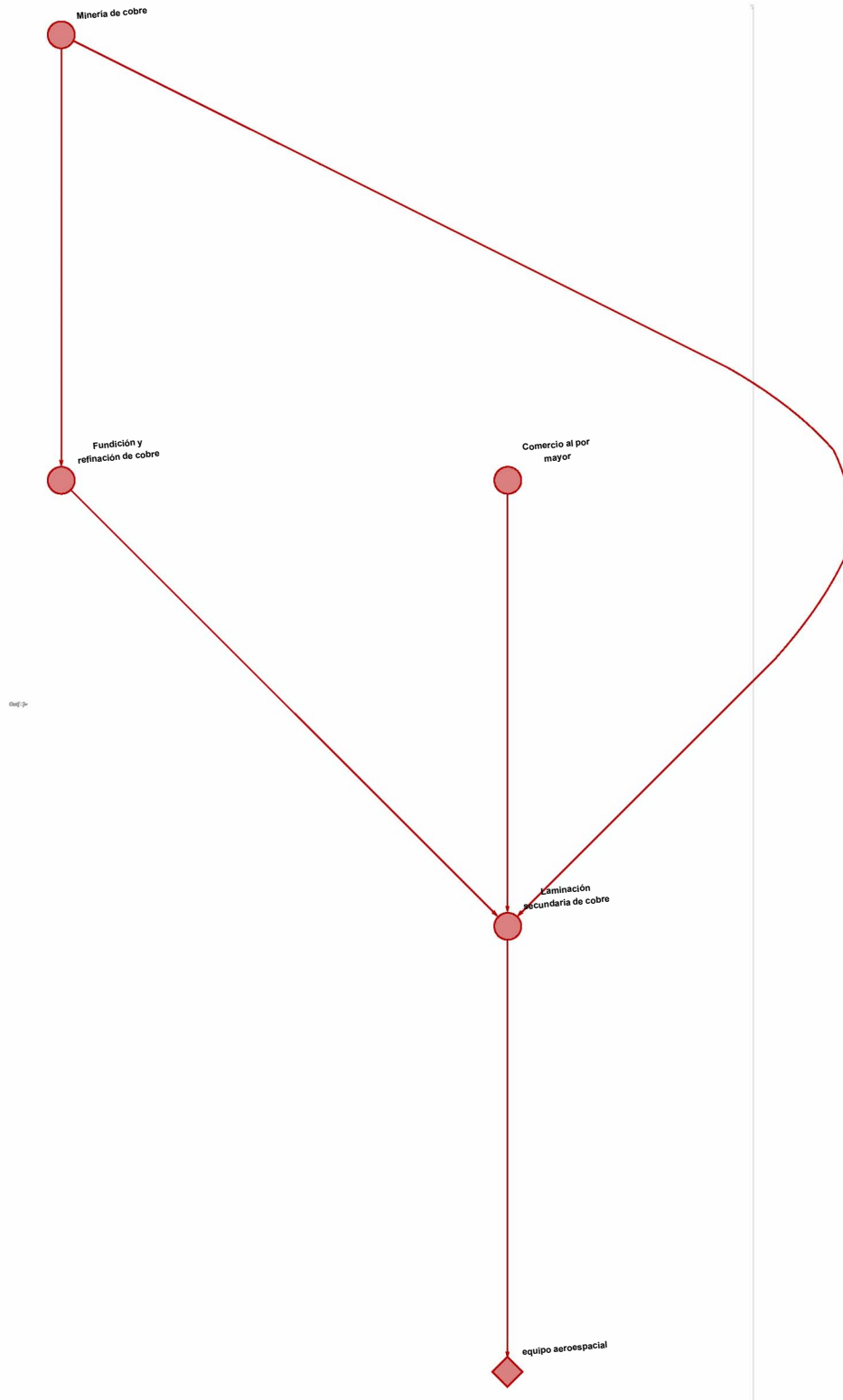
Gráfico II. Multiplicadores de la Fabricación de Equipo Aeroespacial



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Como se muestra en el gráfico II, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda a la fabricación de equipo aeroespacial, se genera una producción de 1.39 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 520 mil pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este sector, se generan 1.68 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana.

Diagrama I. Encadenamiento de la Fabricación de Equipo Aeroespacial



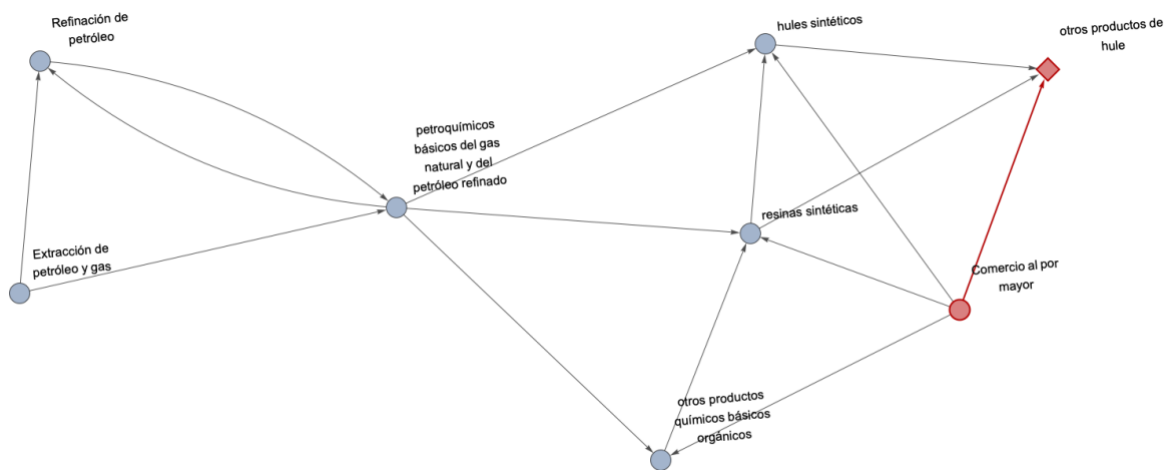
Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Fabricación de otros productos de hule

La fabricación de otros productos de hule (326290) refiere a todas las unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de artículos de hule como globos, guantes, condones; artículos inflables de hule para alberca; tubos, suelas y tapas para calzado; tapones, conexiones, y otros productos de hule no clasificados en otra parte (INEGI, 2013). En este segmento se encuentra la producción -por ejemplo- de accesorios útiles para la protección de las aeronaves, como sistemas de aislamiento y juntas de hule resistentes al fuego. Esta actividad se encuentra muy presente en Baja California, donde empresas como Hutchinson logran colocarse como proveedores en Estados Unidos, donde existe un corredor de la IA desde Seattle, Washington hasta Ensenada, México.

En el siguiente diagrama se muestran los encadenamientos hacia atrás que desarrolla esta industria en México y en el extranjero. Como es posible identificar, los encadenamientos domésticos son muy débiles, pues sólo se tiene interacción significativa con el *Comercio al por mayor* (431110). Esto implica que gran parte de los insumos para la producción son importados (color azul).

Diagrama II. Encadenamiento de la Fabricación de Otros Productos de Hule

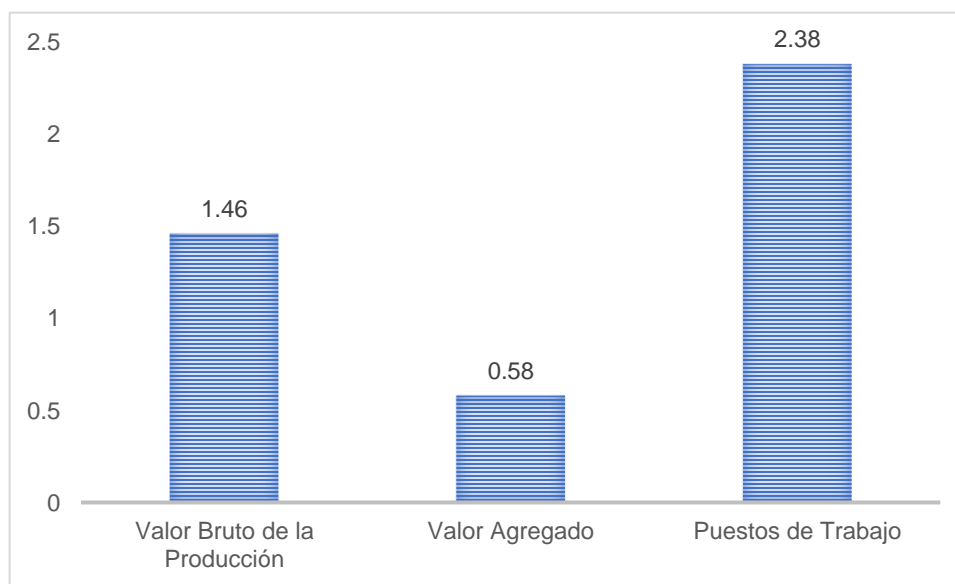


Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Como se muestra en el gráfico III, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda a la fabricación de otros productos de hule, se genera una producción de 1.46 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor

agregado, se estima un efecto total de 580 mil pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este sector, se generan 2.38 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana.

Gráfico III. Multiplicadores de la Fabricación de Otros Productos de Hule

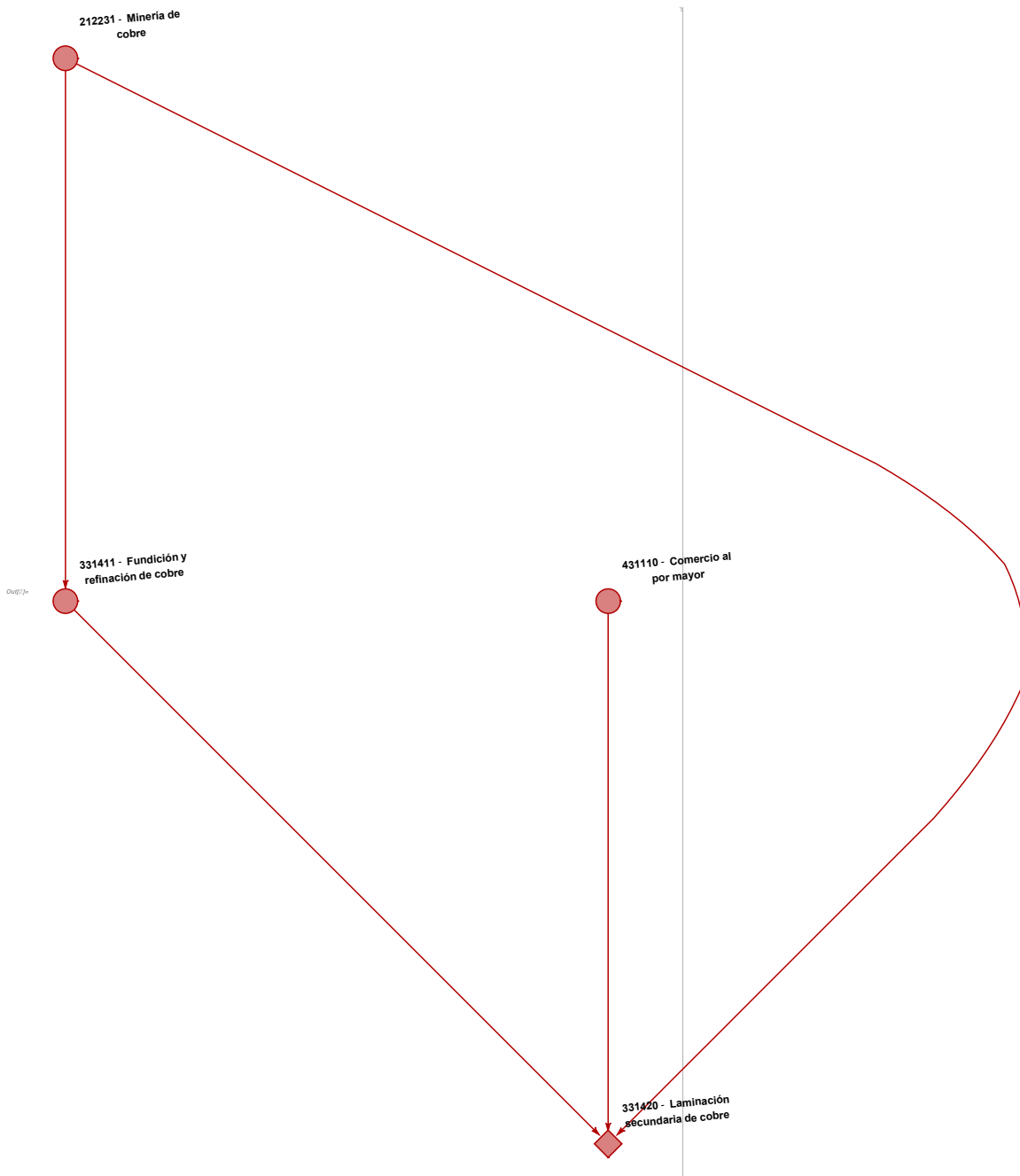


Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Laminación secundaria de cobre

En laminación secundaria de cobre (331420) se encuentran todas las unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos derivados de la laminación secundaria de cobre que da origen a productos como láminas, planchas, tiras, perfiles, barras, varillas, alambre y tubos de metales no ferrosos y sus aleaciones para su laminación secundaria, cuando se realiza fuera de la unidad minera (INEGI, 2013). Como ejemplo, en Querétaro se estableció Axon para diseñar y fabricar arneses de cobre y eléctricos *Micro-D*. Como se muestra en el diagrama III, esta actividad genera importantes encadenamientos hacia atrás con *fundición y refinación de cobre* (331411), *minería de cobre* (212231) y *comercio al por mayor* (431110)

Diagrama III. Encadenamiento de Laminación Secundaria de Cobre

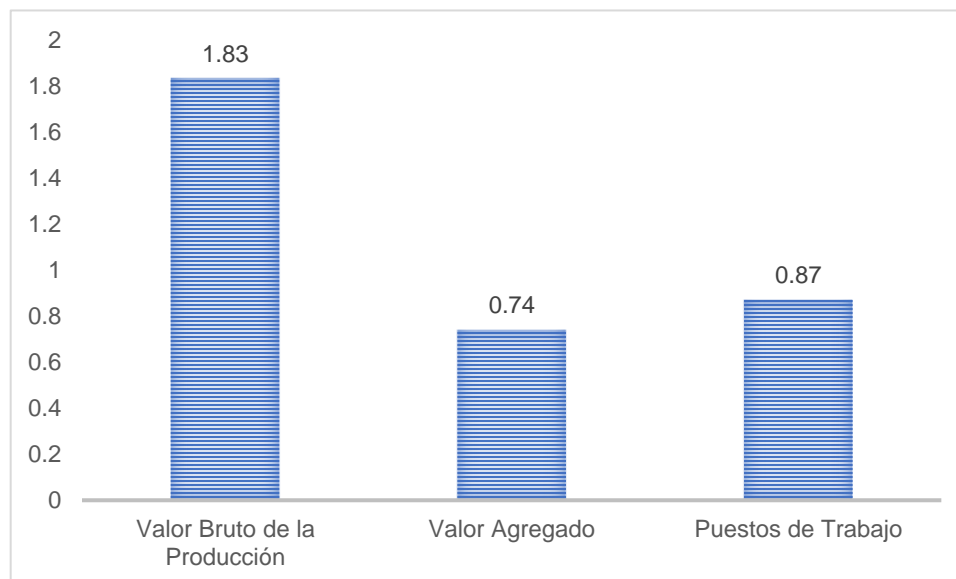


Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Como se muestra en el gráfico IV, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda a la laminación secundaria de cobre, se genera una producción de 1.83 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 740 mil pesos por cada millón de pesos de

demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este sector, se generan 0.87 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana.

Gráfico IV. Multiplicadores de laminación secundaria de cobre

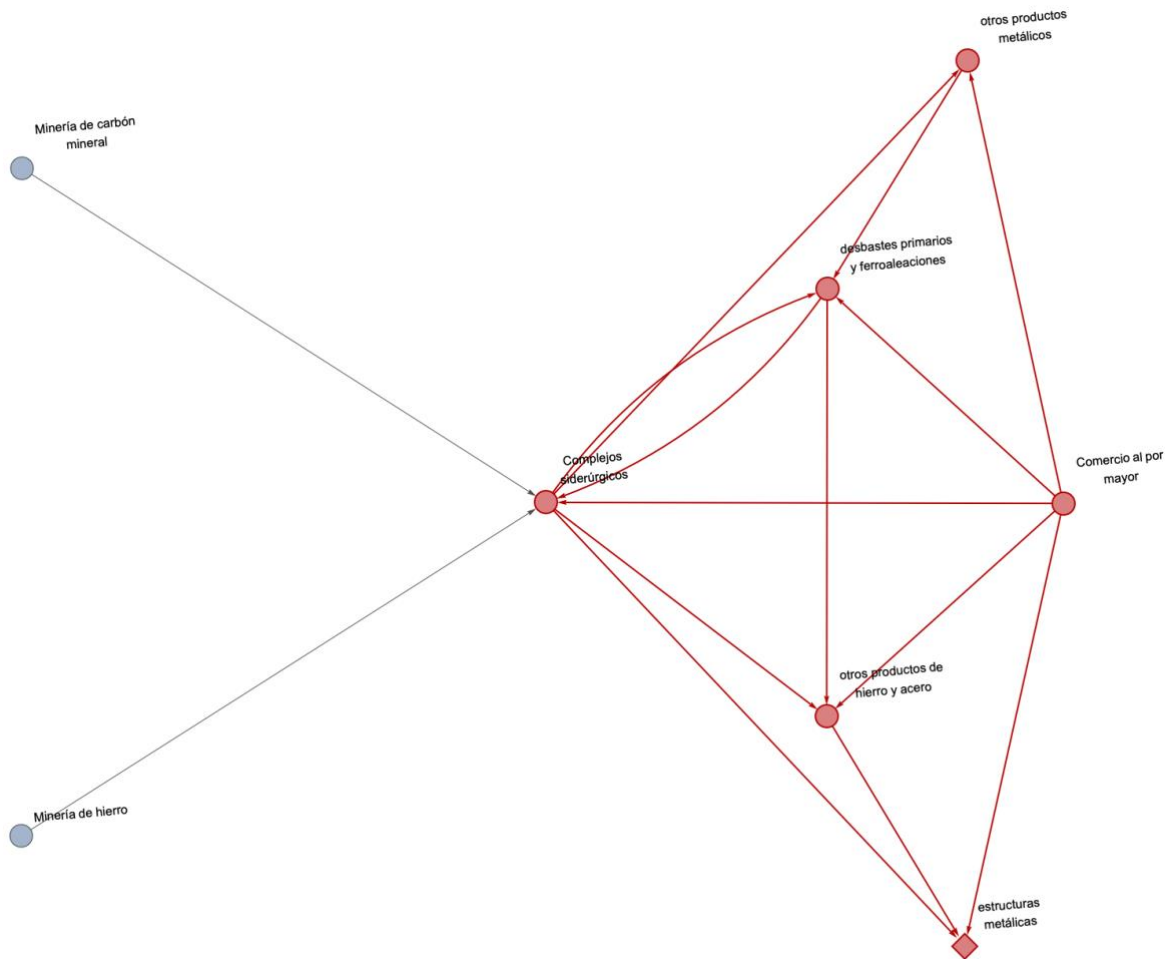


Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Fabricación de Estructuras Metálicas

La fabricación de estructuras metálicas (332310) refiere a las unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de partes y estructuras metálicas de hierro y acero para la construcción, como puentes, estructuras para edificios, torres, vigas, compuertas y armazones (INEGI, 2013). En este segmento participan empresas como Altaser y Kat, con plantas en Querétaro y Chihuahua; encargadas de producir piezas para las estructuras de las aeronaves y para el sostenimiento de las turbinas, con base en aleaciones de níquel, titanio y acero. Esta industria se vincula principalmente con los proveedores de los metales que se utilizan para el proceso productivo. Es por eso que en el diagrama IV los encadenamientos hacia atrás más fuertes son con *complejos siderúrgicos* (331111), *productos de hierro y acero* (331220) y *comercio al por mayor* (431110); este último como intermediario de los proveedores de *otros productos metálicos* (332999).

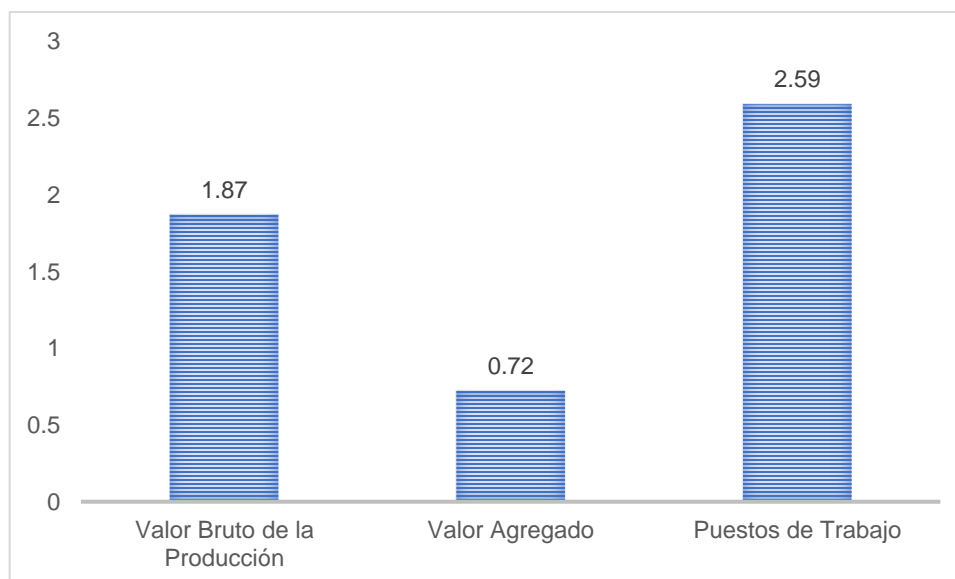
Diagrama IV. Encadenamiento de Estructuras Metálicas



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Como se muestra en el gráfico V, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda a la fabricación de estructuras metálicas, se genera una producción de 1.87 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 720 mil pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este sector, se generan 2.59 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana.

Gráfico V. Multiplicadores de la Fabricación de Estructuras Metálicas



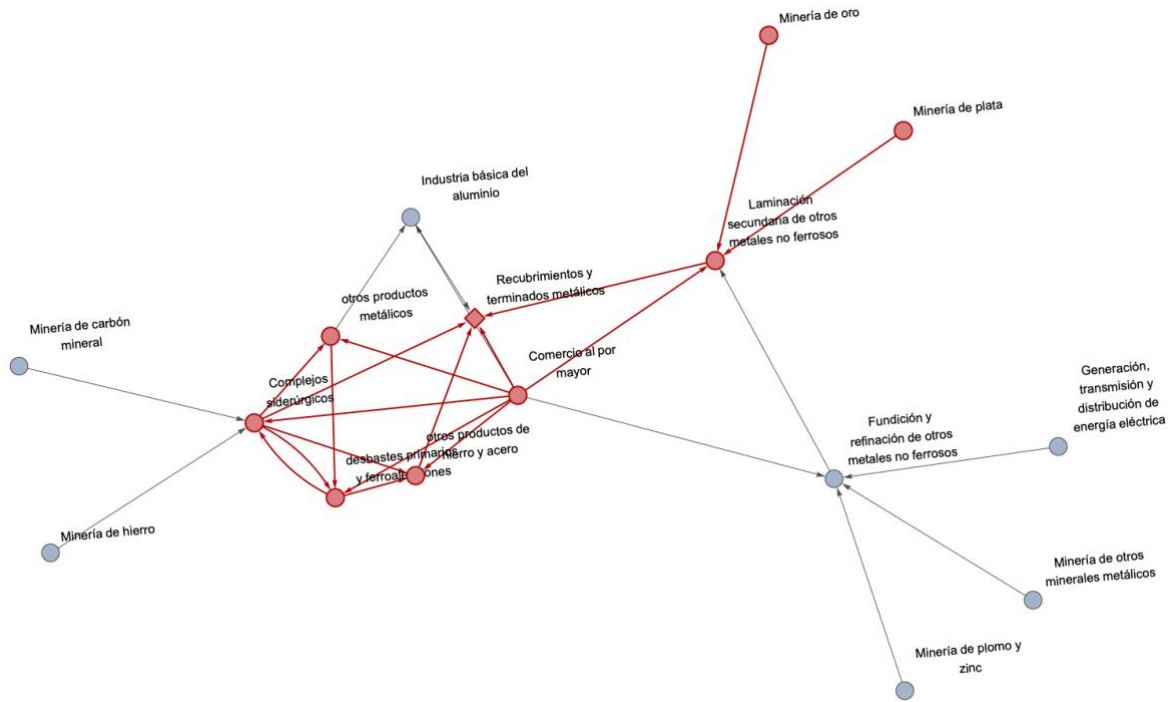
Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Recubrimientos y terminados metálicos

El segmento recubrimientos y terminados metálicos (332810) refiere a las unidades económicas dedicadas principalmente al recubrimiento de piezas metálicas por medio de la anodización, el cromado, galvanizado, chapeado con metales preciosos, cobrizado, pintado y otros tipos de recubrimiento; al grabado de metales, limpieza, pulimento, desconchado, bruñido, esmerilado de piezas metálicas y otros tratamientos especiales hechos sobre pedido (INEGI, 2013). En el siguiente diagrama se muestran los encadenamientos hacia atrás de este segmento, distinguiendo con color rojo a aquellos que se generan en la economía doméstica y con color azul a toda aquella proveeduría que es de origen importado.

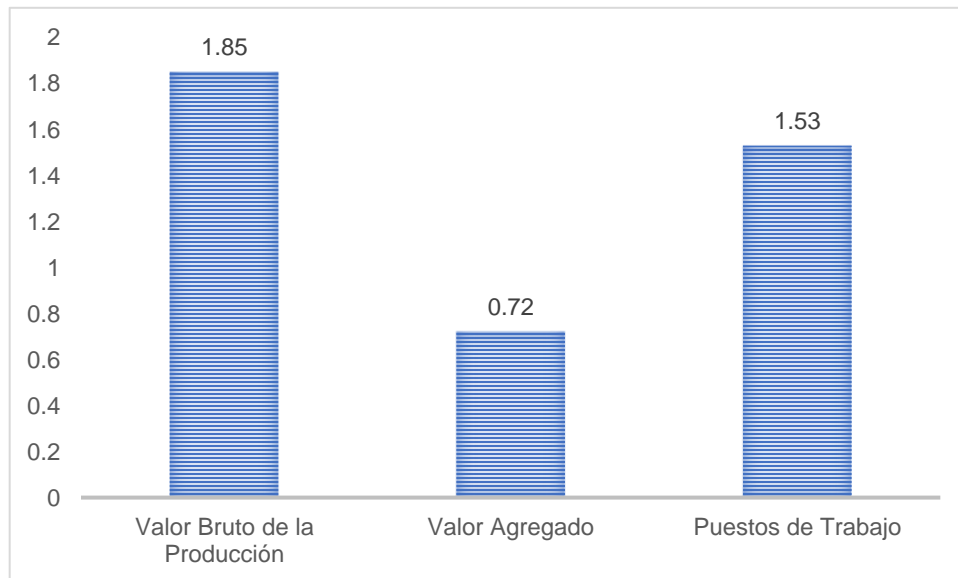
Como se muestra en el gráfico VI, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda de recubrimientos y terminados metálicos, se genera una producción de 1.85 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 720 mil pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este segmento, se generan 1.53 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana.

Diagrama V. Encadenamiento de Recubrimientos y Terminados Metálicos



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Gráfico VI. Multiplicadores de Recubrimientos y Terminados Metálicos



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

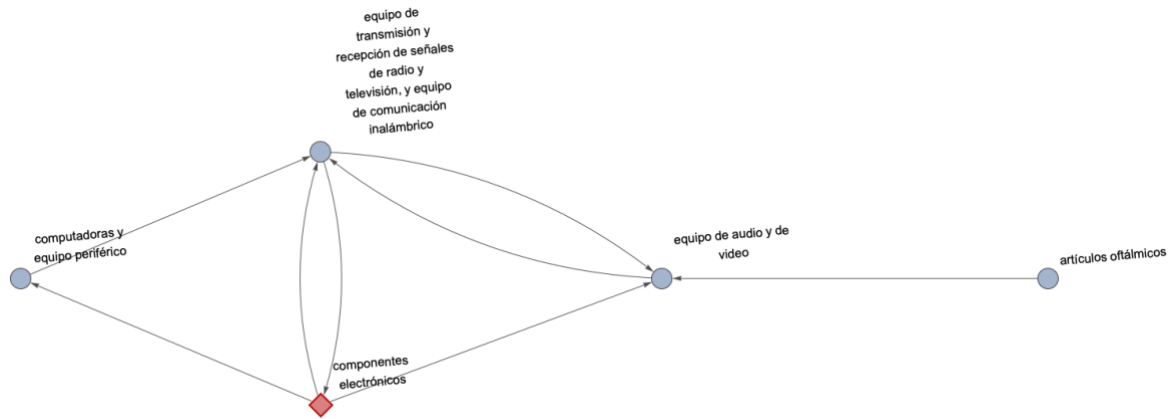
Fabricación de componentes electrónicos

La fabricación de componentes electrónicos (334410) refiere a todas las unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de componentes electrónicos, como tarjetas simples o cargadas, circuitos, capacitores, condensadores, resistores, conectores y semiconductores, bobinas, transformadores, módem para computadora, fax y teléfono; arneses, y otros componentes electrónicos (INEGI, 2013). En este segmento se encuentra Diehl Controls en Querétaro, empresa dedicada a la electrónica con divisiones en las áreas de defensa y aeronáutica, donde produce tabletas electrónicas, controles, sistemas de integración y de encendido.

Esta actividad se caracteriza por un alto grado de importación entre su cadena de proveeduría. Como se muestra en el diagrama VI, los encadenamientos más fuertes son con actividades de origen importado como *computadoras y equipo periférico* (334110), *equipo de audio y de video* (334310) y *equipo de transmisión de señales de radio y televisión, y equipo de comunicación inalámbrico* (334220).

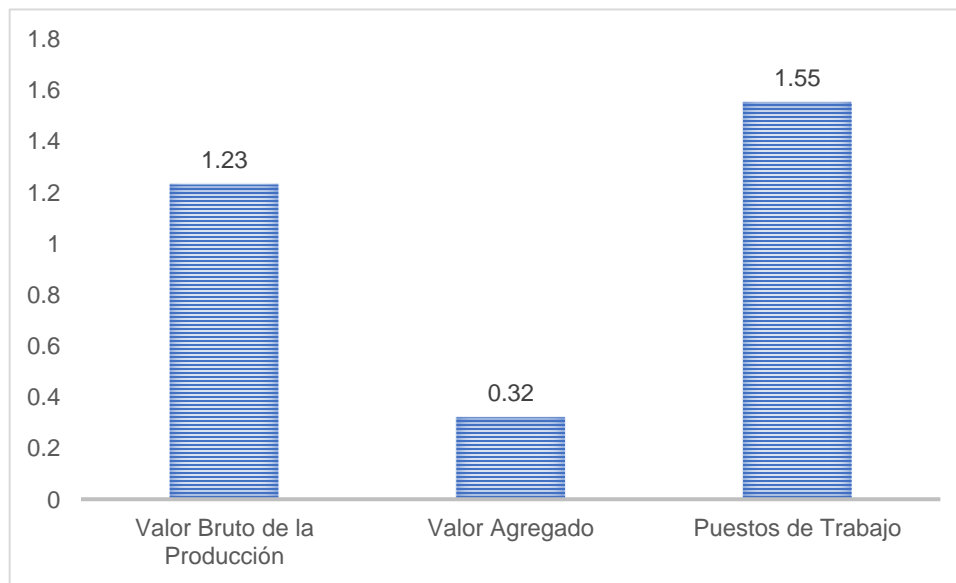
Como se muestra en el gráfico VII, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda a la fabricación de componentes electrónicos, se genera una producción de 1.23 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 320 mil pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este segmento, se generan 1.55 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana.

Diagrama VI. Encadenamiento de la Fabricación de Componentes Electrónicos



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Gráfico VII. Multiplicadores de Fabricación de Componentes Electrónicos



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Fabricación de asientos y accesorios interiores para vehículos automotores

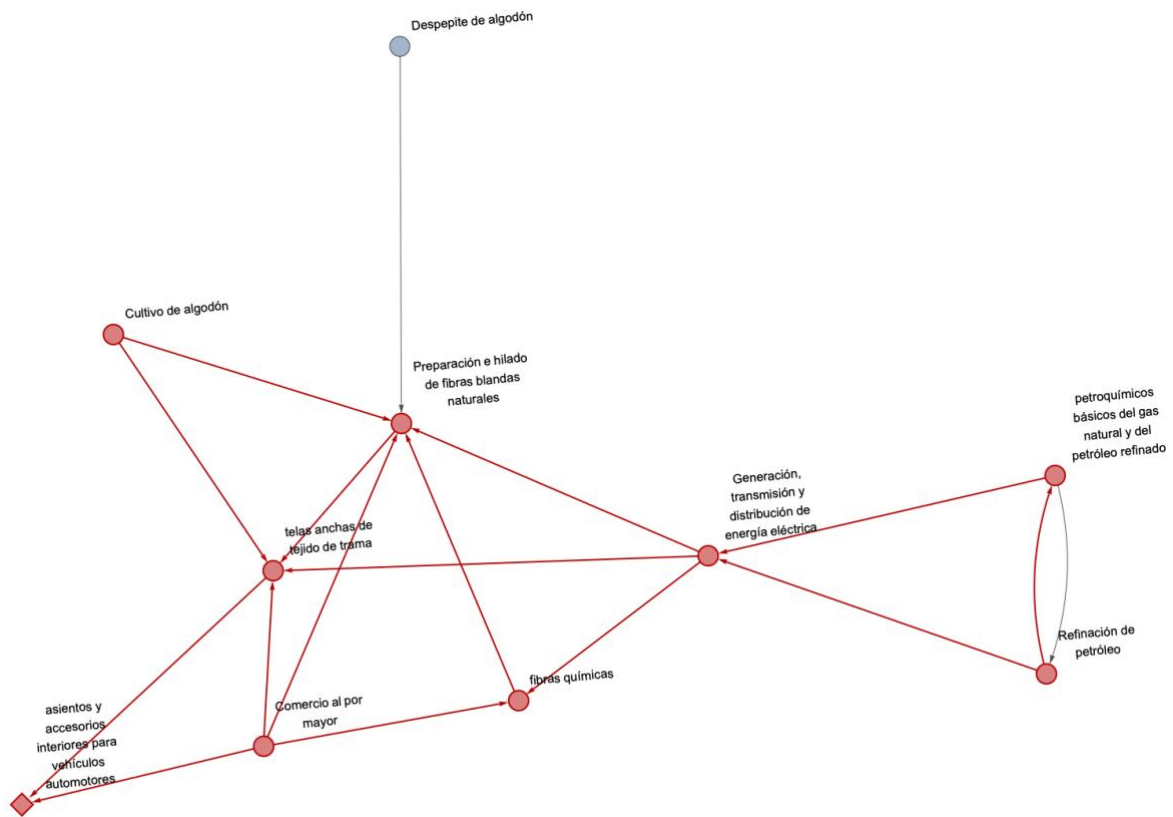
La fabricación de asientos y accesorios interiores para vehículos automotores (336360) refiere a las unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de asientos completos para vehículos automotores (automóviles, camionetas, camiones, trenes, barcos y aeronaves) y accesorios para interiores,

como cinturones de seguridad, fundas para volantes y asientos, y bolsas de aire (INEGI, 2013). Este segmento ha sido fuertemente impulsado por los cambios que ha realizado Boeing en la distribución de los asientos de las aeronaves y en la mejora de sus materiales para una mayor comodidad de los pasajeros (Secretaría de Economía, 2012). En esta actividad se encuentran establecidas múltiples empresas en Querétaro, Baja California e, incluso, en Coahuila. Ejemplo de ello es Hawker Beechcraft, la cual se encarga de producir asientos de forma completa y parcial.

Esta actividad es un nodo importante que logra vincular la industria textil-aeroespacial con los sectores primarios nacionales. Como se muestra en el diagrama VII, los principales proveedores de este segmento son *telas anchas de tejido de trama* (313210) y *comercio al por mayor* (431110); sin embargo, estas actividades son intermediarios con el *cultivo de algodón* (111920), *preparación e hilado de fibras naturales* (313112), *fibras químicas* (325220); a su vez estas actividades requieren de grandes insumos de energía, para lo cual resulta altamente significativo el uso de generación y transmisión de electricidad, la cual es fundamentalmente obtenida a través de combustibles fósiles y/o petroquímica básica.

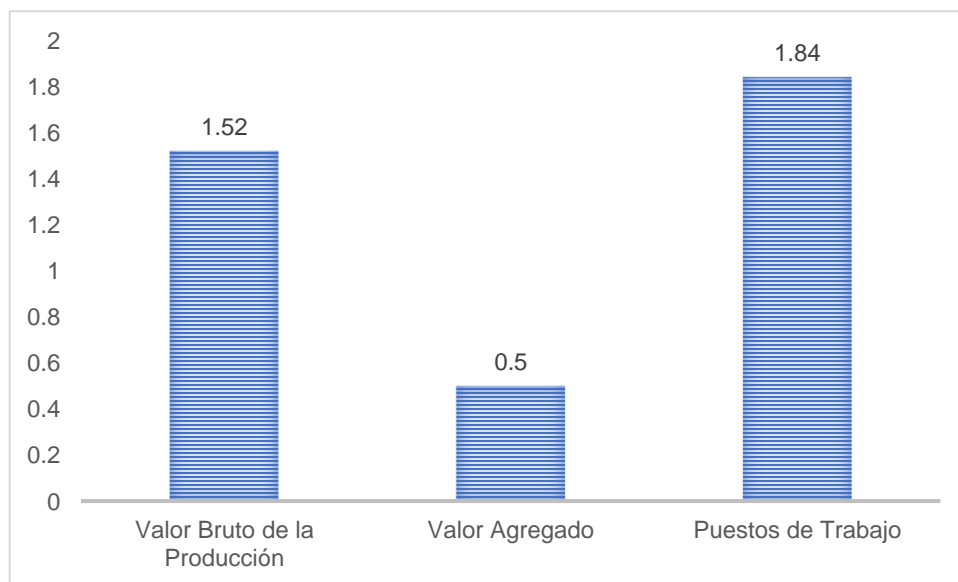
Como se muestra en el gráfico VIII, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda a la fabricación de asientos y accesorios interiores para vehículos automotores, se genera una producción de 1.52 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 500 mil pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este segmento, se generan 1.84 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana.

Diagrama VII. Encadenamiento de la Fabricación de Asientos y Accesorios Interiores para Vehículos Automotores



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Gráfico VIII. Multiplicadores de Fabricación de Asientos y Accesorios Interiores para Vehículos Automotores



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Servicios de navegación aérea

Los servicios de navegación aérea (488111) refiere a las unidades económicas dedicadas principalmente a los servicios de ayuda a la navegación aérea, como control de tránsito aéreo, radio ayudas y telecomunicaciones aeronáuticas (INEGI, 2013). En este segmento no se identificaron encadenamientos hacia atrás que representen más del 5% de las compras por parte de los prestadores de servicios de navegación aérea. Sin embargo, esta actividad genera mayores encadenamientos hacia adelante al asistir desde las torres de control a todas las aeronaves transitan en el espacio aéreo mexicano. De acuerdo con INEGI, hasta 2019 se identificaron 77 de estas empresas; todas estas ubicadas en la amplia red de aeropuertos en el país. Cabe mencionar que, después de Estados Unidos y Rusia, México es el tercer país con mayor cantidad de aeropuertos en su territorio.

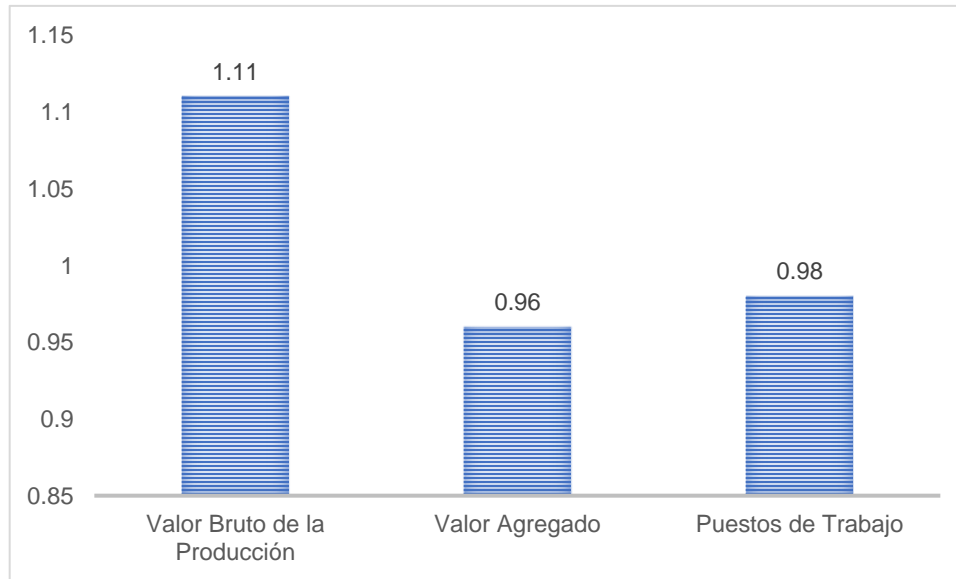
Diagrama VIII. Encadenamiento de Servicios de Navegación Aérea



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Como se muestra en el gráfico IX, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda a los servicios de navegación aérea, se genera una producción de 1.11 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 960 mil pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este segmento, se generan 0.98 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana.

Gráfico IX. Multiplicadores de los Servicios de Navegación Aérea



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

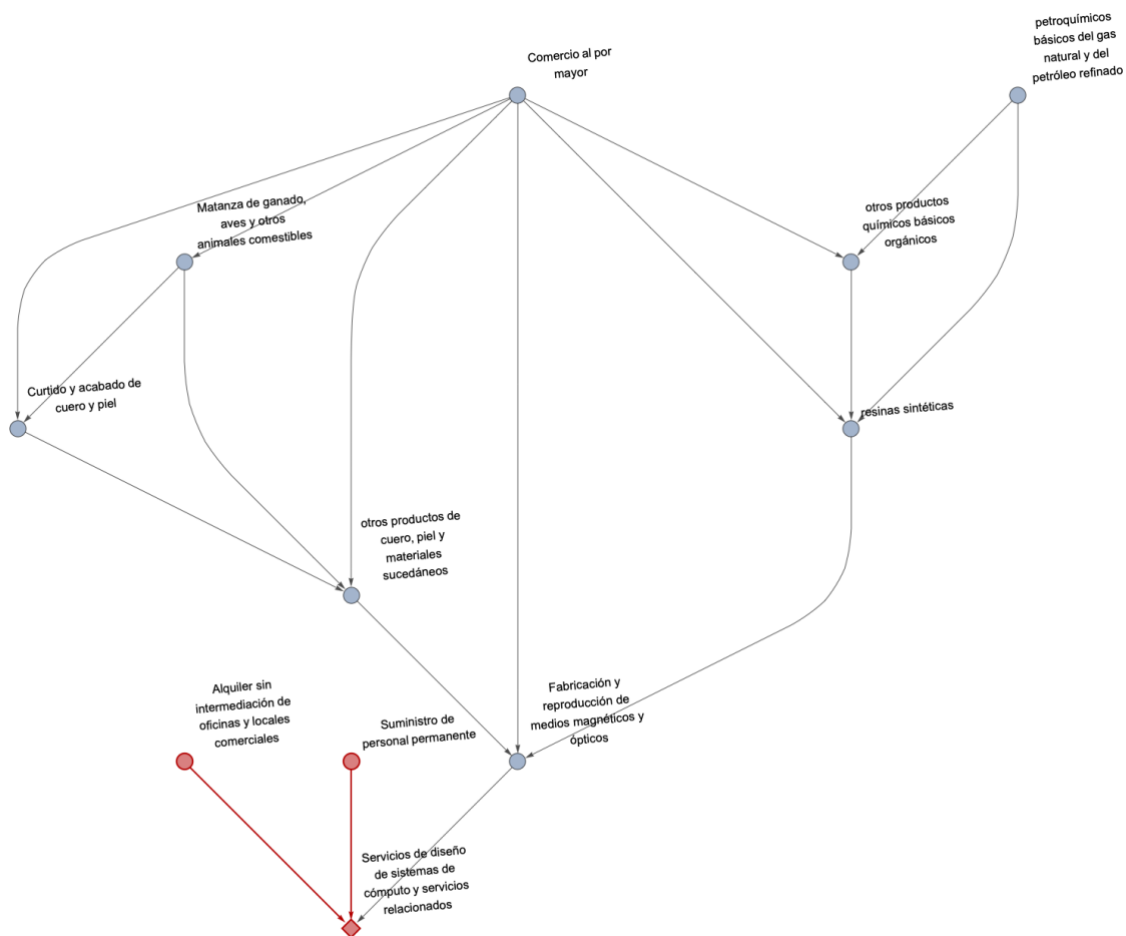
Servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados

Los servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados (541510) refieren a todas las unidades económicas dedicadas principalmente a proporcionar servicios en el campo de las tecnologías de información a través de actividades como planeación y diseño de sistemas de cómputo que integran hardware, software y tecnologías de comunicación, asesoría en la instalación de equipo y redes informáticas, administración de centros de cómputo y servicios de instalación de software (INEGI, 2013). De acuerdo con el Directorio de Unidades Económicas (DENUE), en México existen 3,651 empresas dedicadas a esta actividad, sin embargo, no todas están vinculadas a la IA.

En el diagrama IX se ilustran los encadenamientos hacia atrás de este segmento con las principales clases de la economía con que interactúa. Esta actividad productiva ha desarrollado importantes suministros para el establecimiento de sus operaciones y la contratación de personal, sin embargo, el resto de sus insumos provienen esencialmente del extranjero, como lo muestran los nodos iluminados de color azul en el diagrama.

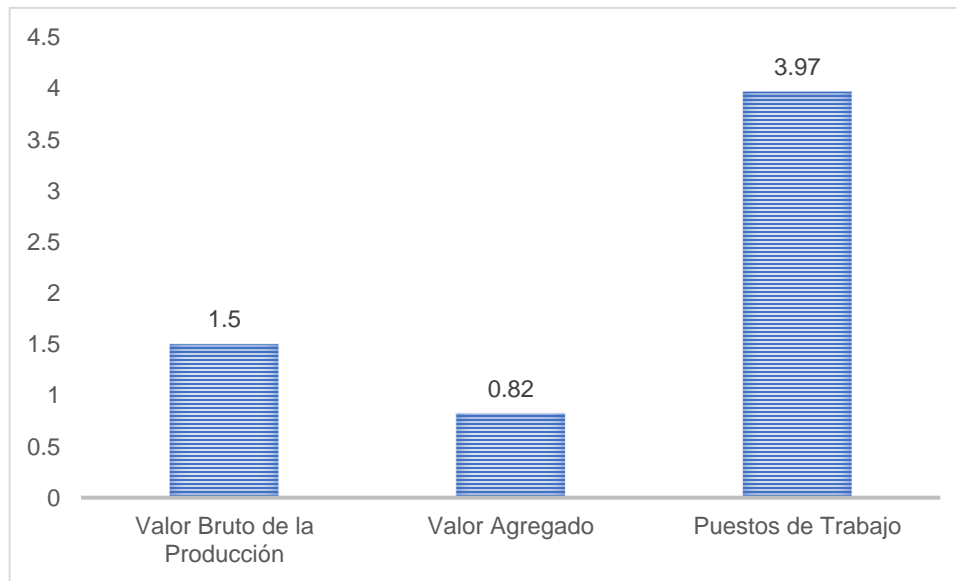
Como se muestra en el gráfico X, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda a los servicios de diseño de cómputo y servicios relacionados, se genera una producción de 1.5 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 820 mil pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este segmento, se generan 3.97 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana; razón por la cual el suministro de personal representa una de las principales fuentes de proveeduría para esta actividad productiva.

Diagrama IX. Encadenamiento de Servicios de Diseño de Sistemas de Cómputo y Servicios Relacionados



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Gráfico X. Multiplicadores de los Servicios de Diseño de Sistemas de Cómputo y Servicios Relacionados



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Escuelas de educación del sector público

La actividad “escuelas de educación superior del sector público” (611312) refiere a todas las unidades económicas (universidades, institutos tecnológicos) del sector público dedicadas principalmente a impartir educación superior para la formación de ingenieros, licenciados en contaduría, licenciados en administración, licenciados en derecho, licenciados en educación, médicos, agrónomos, arquitectos, psicólogos, entre otros programas educativos. Para ingresar a estas instituciones se requiere haber cursado previamente el bachillerato o su equivalente, o bien un programa de educación técnica superior sujeto a un procedimiento de equivalencia (INEGI, 2013).

De acuerdo con el DENU, existen 2,802 escuelas del sector público en el país. Esto incluye a toda la red de institutos tecnológicos de México, universidades estatales, politécnicos, universidades dependientes de la federación, entre otras con sistemas particulares. Sin embargo, existen programas muy específicos de los cuales se la IA se beneficia. El más importante de ellos se constituye por la red de programas que ofrece la Universidad Aeronáutica de Querétaro, la cual proporciona

las certificaciones para el trabajo a empresas del Aeroclúster de Querétaro, además de programas académicos a nivel Técnico Universitario, Licenciatura y Posgrado; todos enfocados en la IA. Adicionalmente, se encuentran la ingeniería en aeronáutica que ofertan el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Autónoma de Baja California, más todas las ingenierías que se ofrecen en la Universidad Autónoma de Querétaro, la sede de la *Arkansas State University* en Querétaro.

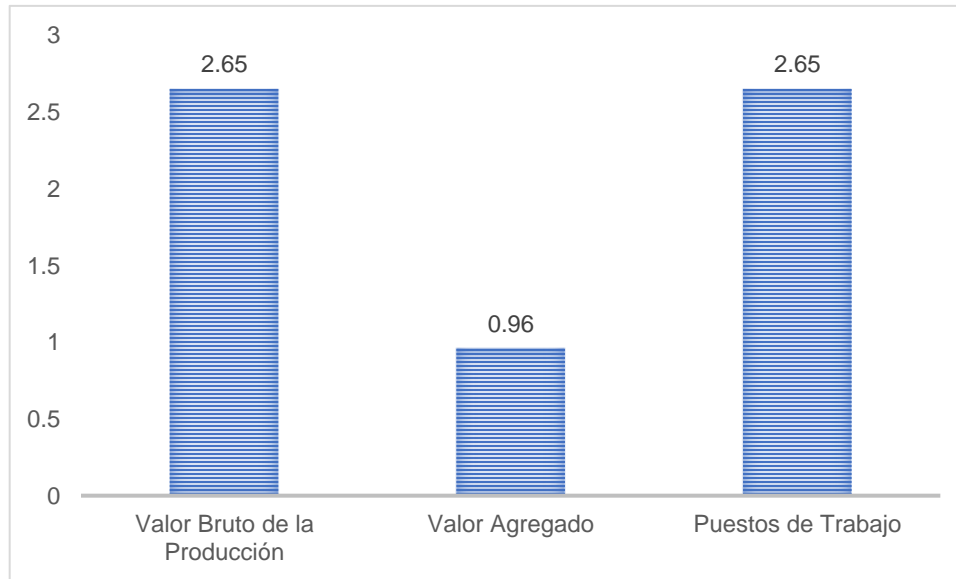
Diagrama X. Encadenamiento de Escuelas de Educación Superior del Sector Público



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Como se muestra en el gráfico XI, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda a los servicios de diseño de cómputo y servicios relacionados, se genera una producción de 2.65 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 960 mil pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este segmento, se generan 2.65 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana.

Gráfico XI. Multiplicadores de las Escuelas de Educación del Sector Público

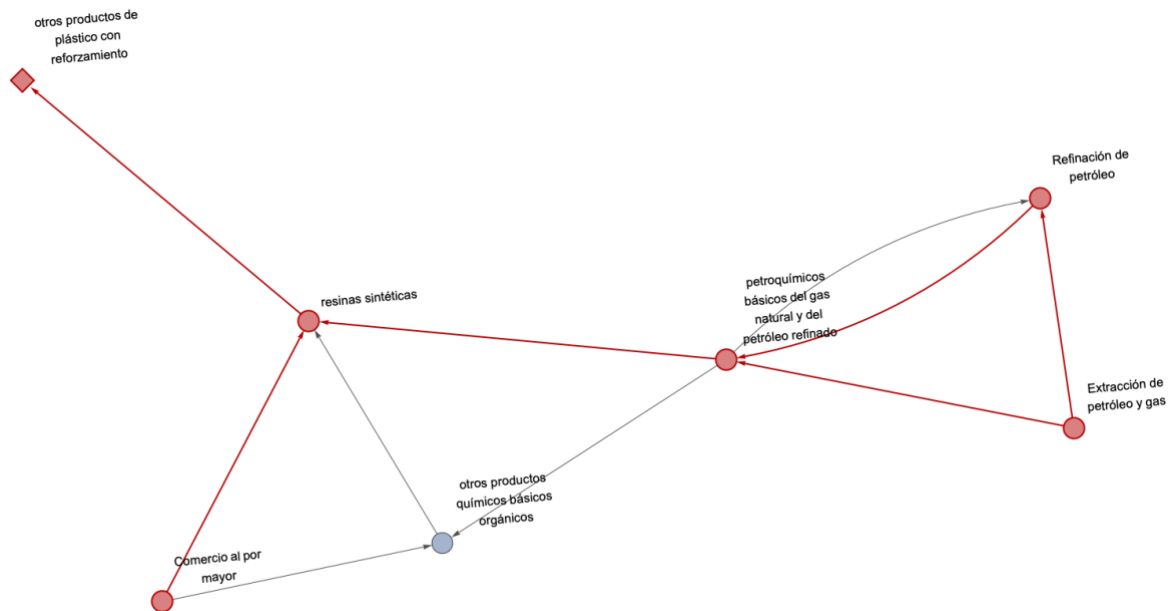


Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Fabricación de otros productos de plástico con reforzamiento

La fabricación de otros productos de plástico con reforzamiento (326198) refiere a las unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos de plástico con reforzamiento para otras industrias, como resbaladillas, toboganes, albercas, tinas de baño, montables, macetas, accesorios de plástico para baño, y otros productos no clasificados en otra parte (INEGI, 2013). En esta actividad se concentran 251 empresas en todo el territorio nacional; dedicadas a la proveeduría de múltiples industrias. En el caso de la IA, existen empresas como Stnadex, dedicada a la producción de componentes para los sistemas de combustión, compresores, ductos y empaques. De acuerdo con el diagrama XI, el encadenamiento más importante de esta actividad es con la clase resinas sintéticas (325211), la cual se vincula directamente con la importación de productos químicos básicos, petroquímica y actividades de comercio.

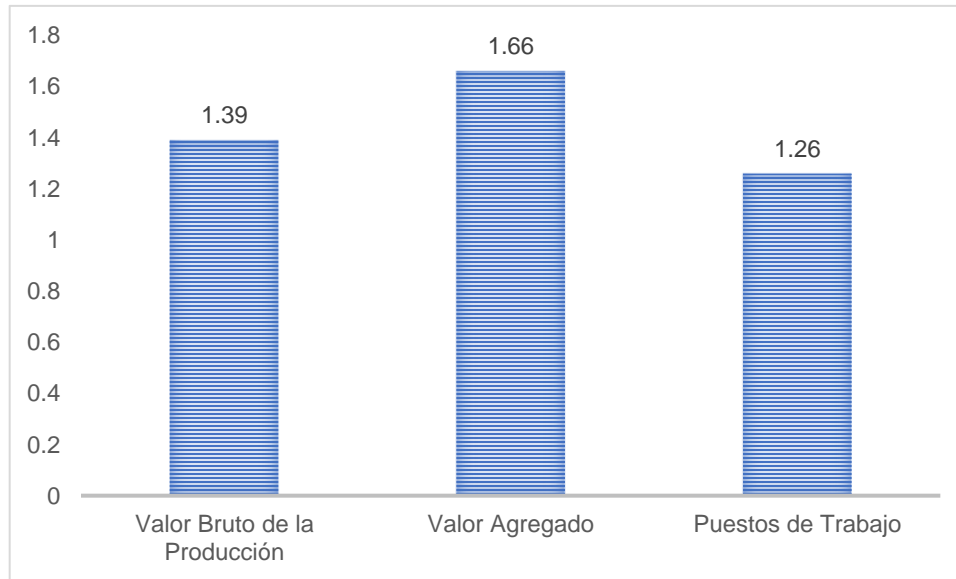
Diagrama XI. Encadenamiento de Fabricación de Otros Productos de Plástico con Reforzamiento



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Como se muestra en el gráfico XII, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda a la fabricación de otros productos sin reforzamiento, se genera una producción de 1.39 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 1.66 millones de pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este segmento, se generan 1.26 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana.

Gráfico XII. Multiplicadores de la Fabricación de Otros Productos Sin Reforzamiento



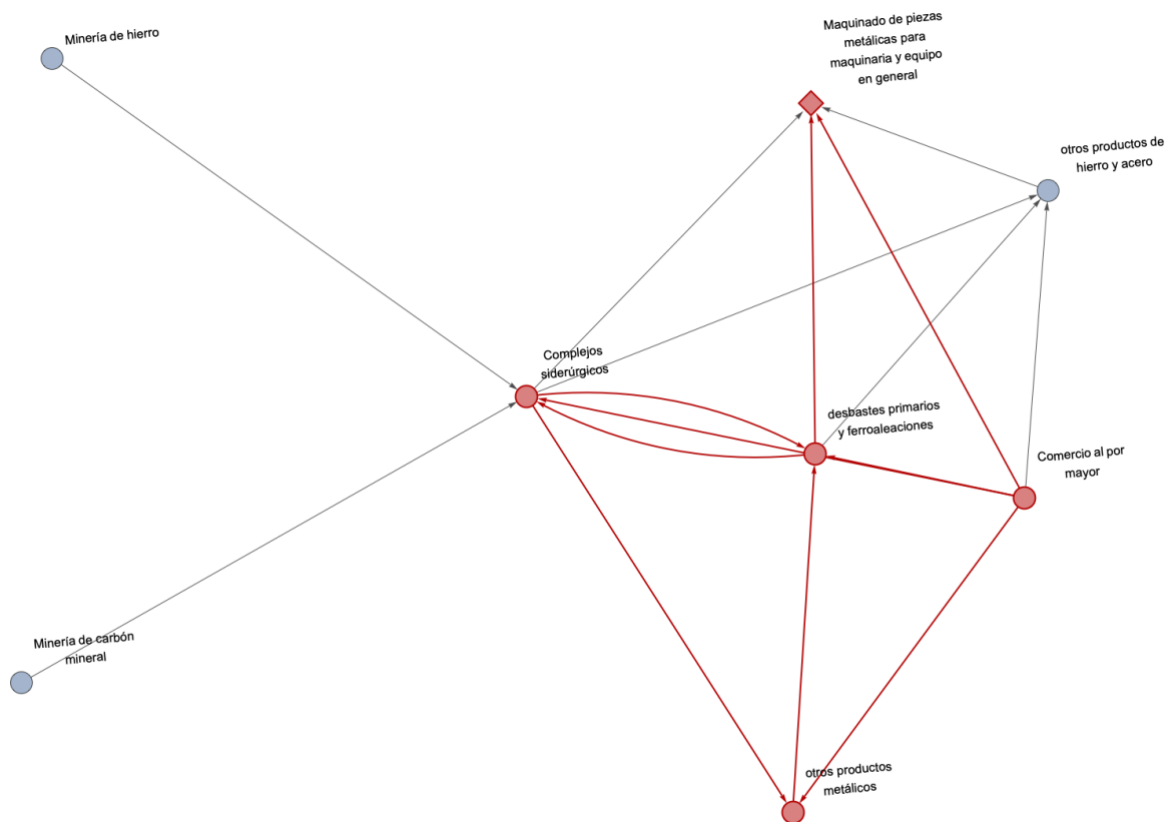
Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general

El maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general (332710) refiere a todas las unidades económicas dedicadas principalmente al maquinado hecho sobre pedido de piezas metálicas nuevas y usadas para maquinaria y equipo en general, utilizando procesos como fresado, roscado y torneado (INEGI, 2013). En esta actividad existen 9,429 unidades económicas en todo el territorio nacional. En tanto refiere a la IA, en este segmento se incorporan empresas proveedoras en un nivel Tier III y Tier IV, como lo son Protecva, BQ Machining, New Motech, entre otras más las cuales producen laminados, placas para los sistemas de refrigeración e insumos para la industria electromecánica. De acuerdo con el diagrama XII, las principales actividades proveedoras en este segmento son desbastes primarios y ferroaleaciones (331112) y comercio al por mayor (431110) e; importaciones de las actividades complejos siderúrgicos (331111), otros productos de hierro y acero (331220).

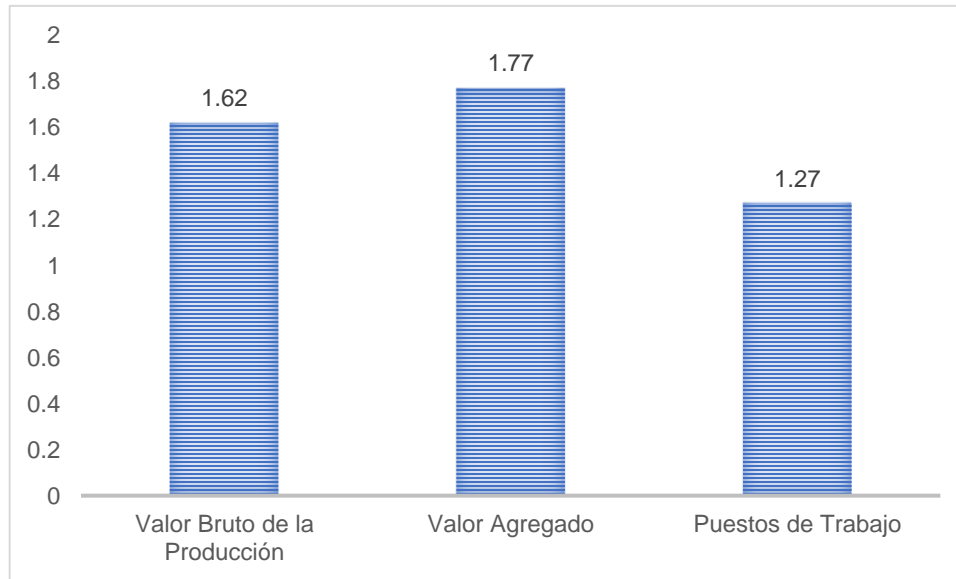
Como se muestra en el gráfico XIII, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda al maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general, se genera una producción de 1.69 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 1.77 millones de pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este segmento, se generan 1.27 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana.

Diagrama XII. Encadenamiento de Maquinado de Piezas Metálicas para Maquinaria y Equipo en General



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Gráfico XIII. Multiplicadores de Maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Administración de aeropuertos y helipuertos

La administración de aeropuertos y helipuertos (488112) refiere a las unidades económicas dedicadas principalmente a la administración, operación y conservación de aeropuertos y helipuertos, pistas, plataformas y edificios. Estas unidades económicas otorgan servicios de derechos de pistas y plataformas, renta de hangares, servicios de seguridad dentro y alrededor de las salas de abordaje, y servicios de terminal aérea para los pasajeros (INEGI, 2013). De acuerdo con información del DENUE, existen 96 unidades económicas destinadas a este tipo de actividades (INEGI, 2019). Después de Estados Unidos y Brasil, México ocupa el tercer lugar a nivel mundial de países por número de aeropuertos y helipuertos (CIA, 2019). Sin embargo, para el nivel de representación con el que fueron realizados estos encadenamientos para esta actividad sólo resulta significativa la proveeduría que realiza la clase suministro de personal permanente (561330), como se aprecia en el diagrama XIII.

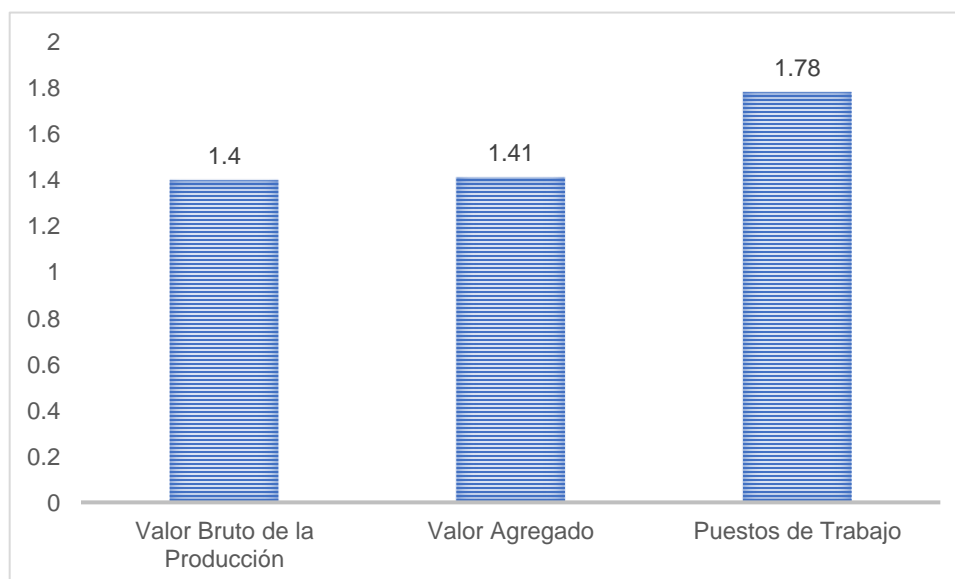
Diagrama XIII. Encadenamiento de la Administración de Aeropuertos y Helipuertos



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Como se muestra en el gráfico XIV, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda a la administración de aeropuertos y helipuertos, se genera una producción de 1.4 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 1.41 millones de pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este segmento, se generan 1.78 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana; razón por la cual el suministro de personal representa una de las principales fuentes de proveeduría para esta actividad productiva.

Gráfico XIV. Multiplicadores de la Administración de Aeropuertos y Helipuertos

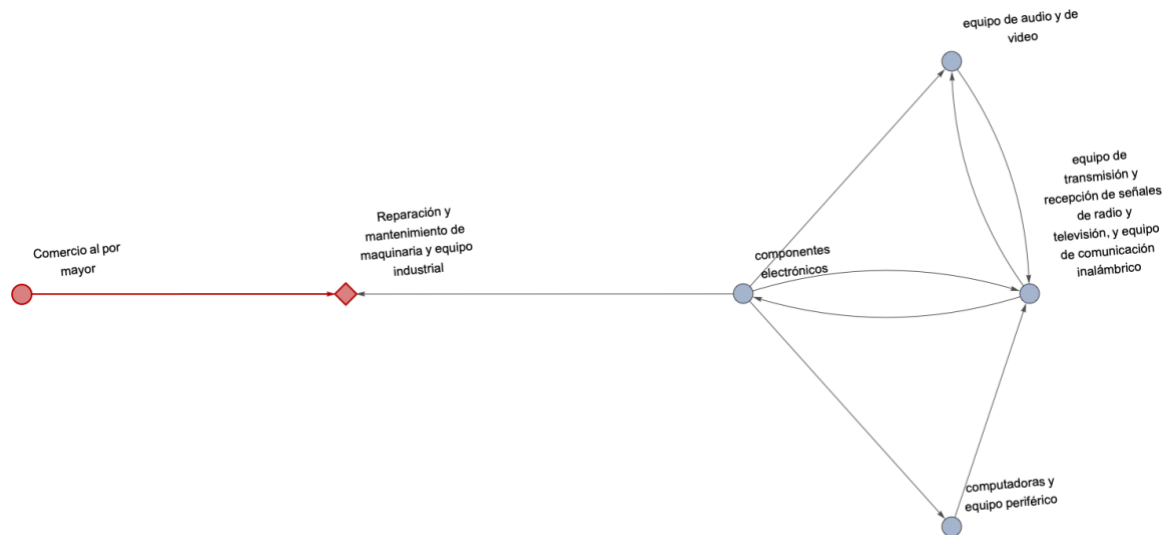


Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo industrial

La reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo industrial (811312) refiere a todas las unidades económicas dedicadas principalmente a la reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo industrial, como maquinaria y equipo para la industria eléctrica y electrónica, química, metalmecánica, alimentaria, textil, de la construcción, minera (INEGI, 2013). En este segmento el principal encadenamiento local es con la clase comercio al por mayor (431110) y con la importación de componentes electrónicos (334410). Una de las empresas más importantes asociadas a esta actividad es Safran Aircraft Engines, ubicada al pie de la pista del Aeropuerto Intercontinental de Querétaro, donde también se encuentra el taller de MRO de Aeroméxico y Delta. Esta cercanía permite que se desarrollen negocios entre ambas empresas. En junio de 2018, Aeroméxico firmó un contrato por 12 de años con Safran para dar mantenimiento a 128 reactores para su flota de 737 max 8 y max 9.

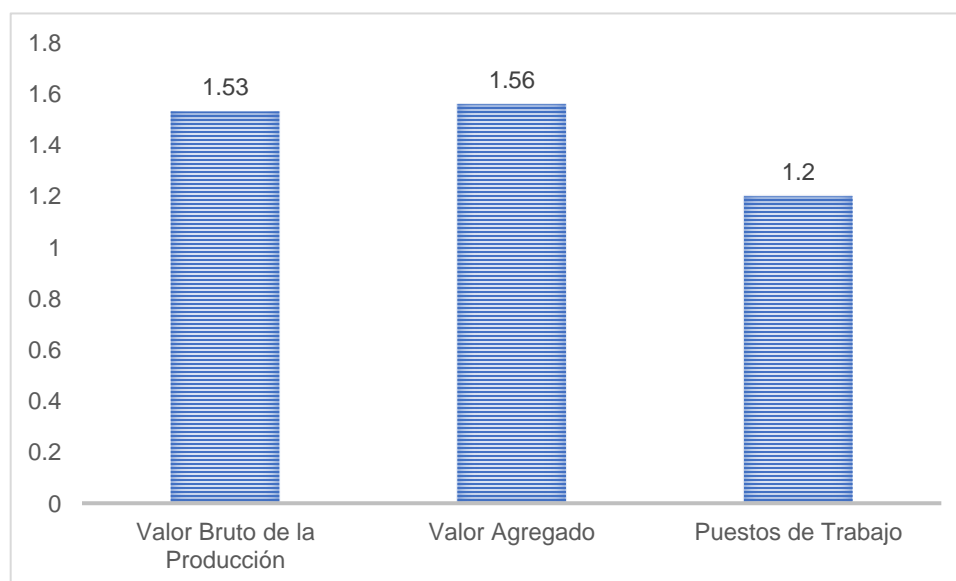
Diagrama XIV. Encadenamiento de la Reparación y Mantenimiento de Maquinaria y Equipo Industrial



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Como se muestra en el gráfico XV, por cada millón de pesos adicionales que se le demanda a la reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo industrial, se genera una producción de 1.53 millones de pesos en la economía nacional. Referente al multiplicador de valor agregado, se estima un efecto total de 1.56 millones de pesos por cada millón de pesos de demanda extra al sector. Respecto al multiplicador de puestos de trabajo, por cada millón de pesos extra de demanda en este segmento, se generan 1.2 puestos de trabajo en el conjunto de la economía mexicana.

Gráfico XV. Multiplicadores de la Reparación y Mantenimiento de Maquinaria y Equipo Industrial



Fuente: Elaboración propia con base en la Matriz de Insumo Producto 2013, INEGI.

Conclusión

De acuerdo con el rastreo de empresas vinculadas a la IA en México, este trabajo demuestra que la cadena de valor de la industria se compone por 14 eslabones torales⁵, entre los cuales es posible identificar cómo se insertan en cadenas productivas nacionales y aproximar las necesidades de importaciones en la cadena de proveeduría. El principal eslabón de la cadena es la fabricación de equipo

⁵ De acuerdo con la taxonomía del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte.

aeroespacial, donde se asocian OEM como Bombardier que fabrica parte del fuselaje del *Global 7000* en Querétaro y arneses que son exportados a las fábricas centrales en Toronto y Montreal. Sin embargo, es posible encontrar empresas OEM vinculadas a otras actividades industriales, ejemplo de ello es el caso de Safran Aircraft Engines, que se agrupa en la actividad 811312 *Reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo industrial*.

Las actividades de la IA que mayor logran integrar o incorporarse a una cadena de valor son: fabricación de equipo aeroespacial, laminación secundaria de cobre, fabricación de estructuras metálicas, recubrimientos y terminados metálicos, fabricación de asientos y accesorios interiores para vehículos automotores, productos de plástico con reforzamiento, maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general y -por último- administración de aeropuertos y helipuertos. En contraste, existen un grupo de actividades cuyos requerimientos de importaciones son muy elevados y tienen poco empuje en la generación de encadenamientos productivos, estas son: fabricación de otros productos de hule, fabricación de componentes electrónicos, servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados y -finalmente- reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo industrial.

En conclusión, el dinamismo de la IA puede ser visto a través de los efectos que generan las actividades vinculadas a esta industria en el resto de la economía. Al menos en la IA existen actividades cuyos efectos multiplicadores son superiores a los de industrias de gran tradición en el país, como lo son la automotriz y la petrolera. Como resultado de la estimación de los multiplicadores de valor agregado, el efecto más alto se encontró en maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general (332710) con 1.77, sustancialmente superior al multiplicador de la fabricación de automóviles y camionetas (336110) que equivale a 0.55 y al de extracción de petróleo y gas (211110) de 0.946. En términos de empleo, el multiplicador de puestos de trabajo con mayor valor se encuentra en los servicios de diseño de sistemas de cómputo y servicios relacionados (541510), con un valor de 3.97, superior a los efectos multiplicadores de la automotriz y extracción de petróleo, que equivalen a 0.90 y 0.24 respectivamente.

Capítulo III: Política Industrial en México⁶

El fomento a las actividades industriales, por parte del gobierno, no es una intervención exclusiva de México en términos de Política Industrial. En muchos casos los gobiernos intervienen en ciertas industrias a efecto de lograr que la competitividad de éstas aumente. En este capítulo se analizarán los principales cambios en la política industrial en México, desde la aplicación a nivel federal a los programas de desarrollo productivo implementados por los gobiernos locales, bajo los siguientes enfoques:

1. **Políticas de ciencia, tecnología e innovación.** - Su objetivo es incrementar las capacidades nacionales para usar, absorber, modificar y generar conocimientos científicos y tecnológicos, así como estimular las actividades de innovación en los organismos que integran los sistemas de innovación. Algunos ejemplos de instrumentos públicos para el fomento de estas políticas son: estímulos fiscales, créditos subsidiados, becas de posgrado, incentivos para la colaboración de universidades y centros de investigación y apoyo a incubadoras de alta tecnología (Gaudin & Padilla, 2013).
2. **Políticas de educación y capacitación.** - Se refieren a iniciativas públicas activas orientadas a aumentar la calidad general del sistema educativo y promover la capacitación técnica para la construcción de habilidades de alto nivel, con el objetivo de formar recursos humanos calificados, que dinamicen el crecimiento económico (Cimoli & Dosi, 2008).
3. **Políticas dirigidas a promocionar industrias seleccionadas.** - Dentro de este grupo se encuentran las políticas con objetivos de intervención específicos en sectores, industrias o empresas estratégicas. Los instrumentos más utilizados en este grupo son: créditos en condiciones preferenciales, incentivos fiscales, subsidios gubernamentales a sectores seleccionados y compras estatales. También se incluyen los instrumentos para fomentar la articulación productiva en agrupamientos industriales o

⁶ Este capítulo es consecuencia de la investigación llevada a cabo para el libro “Políticas de Desarrollo Productivo en México”.

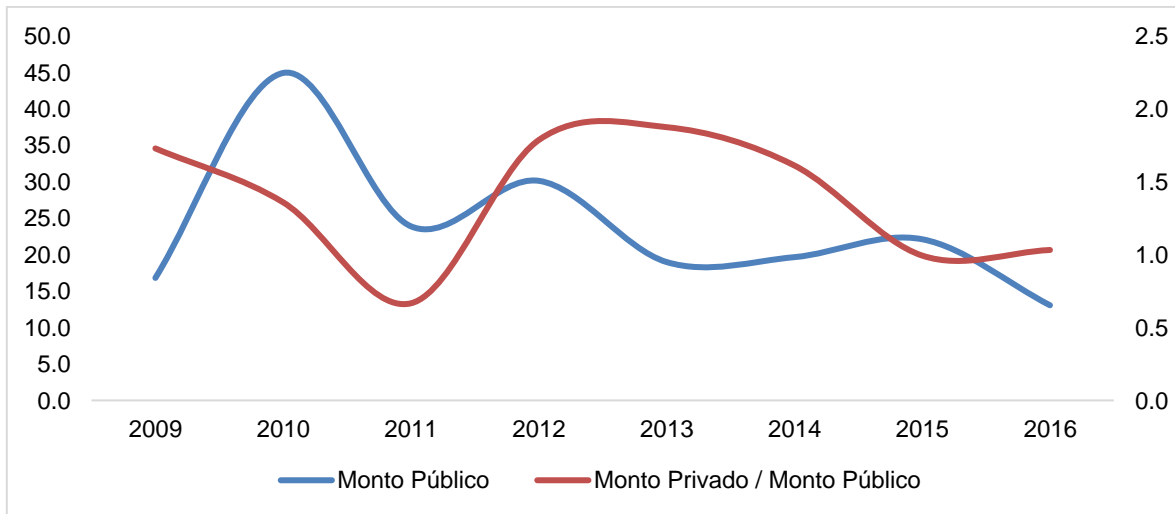
clústeres. Este tipo de políticas ponen de manifiesto un elemento de la política industrial: la selección de sectores.

4. **Políticas de competitividad.** - Son aquellas orientadas a crear un ambiente propicio para los negocios mediante la creación de señales económicas e incentivos que motiven una mayor competitividad de los actores del mercado. Existe una amplia variedad de instrumentos utilizados en estas políticas: incentivos fiscales y financieros, un tipo de cambio real competitivo y la adecuación de marcos normativos (Péres, 2006)

Políticas de ciencia, tecnología e innovación

La política de ciencia, tecnología e innovación está ampliamente ligada con los programas y centros de investigación que dependen del CONACYT. Uno de estos es el Programa de Estímulos a la Innovación, el cual apoya para que las empresas inviertan en proyectos de investigación, desarrollo de tecnología e innovación dirigidos a la creación de nuevos productos, procesos o servicios. El programa cuenta con tres modalidades: INNOVAPYME, dirigido a micro, pequeñas y medianas empresas; INNOVATEC orientado a la innovación tecnológica de las grandes empresas y PROINNOVA, dedicado exclusivamente a propuestas y proyectos que se presenten en vinculación con al menos dos instituciones de educación superior o centros de investigación. Tan sólo en Querétaro se le asignaron 4.2% de los recursos totales asignados por el PEI durante el periodo 2009-2017. Sin embargo, de los apoyos destinados por el PEI a empresas de la IA, Querétaro logra concentrar entre 20 y 45% de los recursos, como se puede observar en el gráfico XVI. El PEI exige *matching funds*; el monto de recursos privados en relación a los públicos invertidos en la IA en Querétaro ha sido mayor al 50% en la mayoría de los años (donde 1.0 significa que aportaron la misma cantidad).

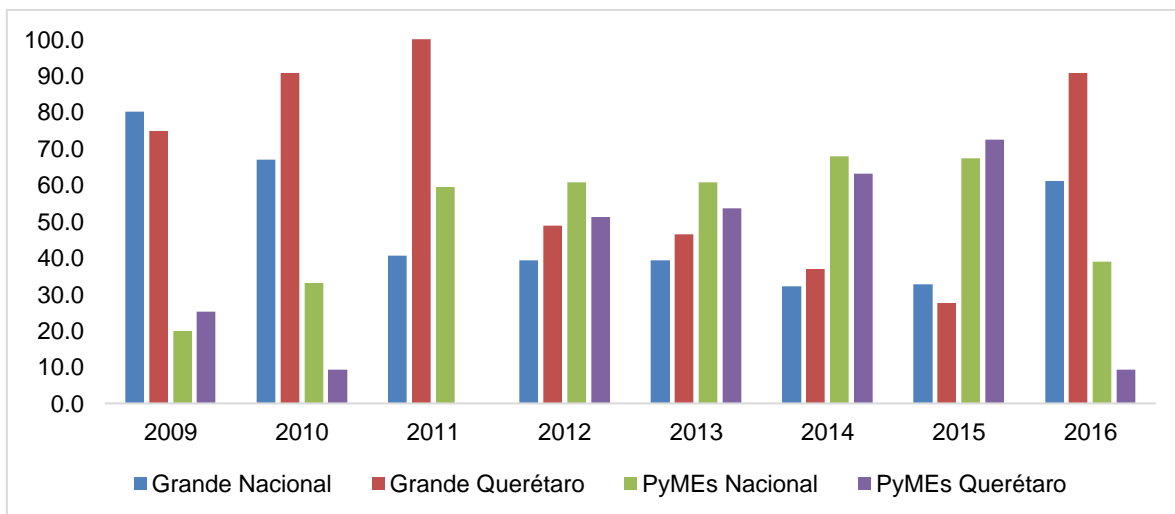
Gráfica XVI. Apoyos PEI para la Industria Aeroespacial en Querétaro: 2009-2017



Fuente: CONACYT.

Con relación al tamaño de las empresas beneficiadas, hay una alta participación de las PyMES en los apoyos del PEI a nivel federal. Representan el 70% de los recursos asignados. En el caso de las empresas de la IA, hay una mayor participación de las empresas grandes en los recursos asignados por el PEI, como se observa en la gráfica XVII. Esto se asocia a la naturaleza de la industria. En Querétaro, las empresas grandes tienen una participación significativamente mayor que a nivel nacional.

Gráfica XVII. Industria Aeroespacial: apoyos PEI a PyMES y empresas grandes



Fuente: CONACYT.

Adicionalmente, el CONACYT cuenta con múltiples centros de investigación para las diferentes ramas de la ciencia. Para cuestiones vinculadas con la industria, en Querétaro se encuentran el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESE), el cual se dedica a la investigación, desarrollo e innovación en temas vinculados a los sistemas automatizados, microelectrónicos, energía, ingeniería de superficies, manufactura avanzada y tecnologías del frío. El Centro de Teconología Avanzada (CIATEQ), fundado hace más de 30 años con el propósito de ayudar a la industria a través de programas de educación, capacitación e investigación. En este centro de investigación es posible hacer posgrados en proyectos de ingeniería, manufactura avanzada, entre otros. El más reciente de todos estos centros de investigación es el Centro Nacional de Tecnologías Aeronáuticas (CENTA), inaugurado por Peña Nieto en enero de 2018 en las instalaciones del Aeropuerto Intercontinental de Querétaro. En este centro se construyeron laboratorios con capacidad para realizar pruebas mecánicas convencionales de fatiga y temperatura; pruebas estructurales de grandes componentes; así como capacidades para desarrollar materiales compuestos, fabricación de modelos y moldes y tratamientos térmicos. En el CENTA también se incuban empresas. En sus instalaciones se desarrollaron los modelos Halcón 1 y 2 de HorizonTec.

Políticas de educación y capacitación

La creación de carreras y posgrados enfocados en el sector aeroespacial fue fundamental para el desarrollo de los clústeres en el país. Las primeras instituciones en implementar planes de estudio para la IA fueron las universidades tecnológicas y politécnicas dependientes de la Secretaría de Educación Pública. El primer plantel educativo en formular un programa específico fue la Universidad Tecnológica de Querétaro que, con el apoyo del gobierno francés, la Secretaría de Educación Pública y el gobierno del estado, firmaron un convenio binacional entre México y Francia para la creación de una serie de programas de estudios para la industria automotriz; en el que se montarían dentro de la universidad talleres muy semejantes a los que se encuentran dentro de las plantas de producción, promoviendo así la

implementación de un modelo educativo sui géneris en el que dentro de la universidad se replican situaciones similares a las que se desarrollan en un ambiente de trabajo fabril.

En 2005, luego de que se anunciara la instalación de Bombardier en México, surgió la necesidad de establecer nuevas y diversas estrategias que permitieran el desarrollo exitoso de la IA. Había que gestionar los recursos necesarios para la creación de instituciones educativas que dotaran de personal profesional y certificado para las industrias de nueva instalación. Fue así que, en 2006, surgió la primera generación de estudiantes de la Universidad Tecnológica de Querétaro, quienes lograron ensamblar un arnés logrando la calificación de cero defectos, situación que fue vista con buenos ojos por parte de las empresas establecidas en Montreal.

Posteriormente, en noviembre de 2007 se crea junto al aeropuerto de la ciudad la Universidad Aeronáutica de Querétaro como un organismo público descentralizado del gobierno del estado, situación jurídica y orgánica que le permite a la universidad contar con recursos públicos y autonomía para el desarrollo e implementación de planes y programas de estudio vinculados exclusivamente con la IA. Actualmente en esta universidad existen programas de formación a nivel Técnico Superior Universitario, Ingeniería, Maestría y programas específicos de certificación para las empresas del Aerocluster de Querétaro.

Así, se fue configurando un esquema educativo donde muchas más universidades del país se fueron sumando a la implementación de programas de estudio similares a los de UNAQ y UTEC. En la Ciudad de México el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Nacional Autónoma de México inauguraron la Ingeniería y Maestría en Aeronáutica, respectivamente. En Baja California esta labora la emprendieron la Universidad Autónoma de Baja California y el CETYS Universidad. En la tabla III se muestra la oferta educativa a nivel superior y técnico superior por estado de la República. De acuerdo con la Secretaría de Economía, entre 2010 y 2017 egresaron cerca de 4,523 estudiantes de carreras afines al sector aeroespacial. De este total,

82% fueron de algún programa de licenciatura y 18% restante de nivel Técnico Superior Universitario.

Tabla III. Oferta Educativa para la Industria Aeroespacial por Entidad Federativa

Entidad Federativa	Licenciatura y Técnico Superior Universitario	Entidad Federativa	Licenciatura y Técnico Superior Universitario	
Baja California	Ingeniería en Aeronáutica	Querétaro	Ingeniería Aeronáutica en Manufactura	
	Ingeniería Aeroespacial		Ingeniería en Diseño Mecánico Aeronáutico	
	TSU en Manufactura Aeronáutica - Área Maquinado de Precisión		Ingeniería en Electrónica y Control de Sistemas de Aeronaves	
Chihuahua	Ingeniería Aeroespacial		TSU en Aviónica	
	Ingeniería en Aeronáutica		TSU en Mantenimiento Aeronáutico, Área Aviónica	
	Licenciatura en Dirección y Administración de Aeropuertos y Negocios Aéreos		TSU en Mantenimiento Aeronáutico, Área Planeador y Motor	
Ciudad de México	Ingeniería en Aeronáutica			TSU en Mantenimiento de Aeronaves
Estado de México	Ingeniería en Aeronáutica			TSU en Manufactura Aeronáutica, Área Maquinado de Precisión
	TSU en Mantenimiento Aeronáutico, Área Aviónica		Sonora	Ingeniería en Manufactura Aeronáutica
Guanajuato	Ingeniería en Aeronáutica			TSU en Aeronáutica
Hidalgo	Ingeniería en Aeronáutica	TSU en Manufactura Aeronáutica, Área Maquinado de Precisión		
Nuevo León	Ingeniería en Aeronáutica	Veracruz	Ingeniería en Ciencias Aeronavales	
Puebla	Ingeniería Aeroespacial			

Fuente: Elaborado por la Secretaría de Economía con base en información de la ANUIES.

Políticas dirigidas a promocionar industrias seleccionadas

El impulso inicial de la política industrial de la IA en México puede ubicarse en el periodo 2004-2007. Durante estos años se construyen las bases para lanzar el primer mapa de ruta para el desarrollo de la IA. Hubo dos actores destacados en la idea original y en el lanzamiento del programa: la Secretaría de Economía a través de la direcciones generales de Inversión Extranjera, de Industria Pesada y Alta Tecnología, y de Comercio Exterior, y la oficina del programa denominado “Aceleradora Internacional de Empresas Tecnológicas (TechBA)” en Montreal de la FUMEC (Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia).

El programa TechBA fue creado en 2004 por FUMEC y la Secretaría de Economía, con el objetivo de facilitar el acceso de las empresas mexicanas tecnológicas a los ecosistemas de negocio más dinámicos a nivel mundial, mediante una serie de servicios dirigidos a ayudarlas a crecer de manera acelerada. Una de las sedes se localizó en Montreal en 2006. Desde años anteriores a su creación, se inicia un proceso de identificación de sectores con potencial para transferir operaciones a México. Una revisión de los ecosistemas de Montreal, de los estratos de competitividad y de la dinámica sectorial y empresarial llevó a la identificación de tres sectores de oportunidad: industrias creativas, tecnologías de información e industria aeroespacial. Estos eran los sectores más dinámicos y en los que México podía tener ventajas de costos para la localización de las empresas canadienses. La Secretaría de Economía, a través de la Dirección de Inversión Extranjera, estaba explorando al sector aeroespacial como un área de oportunidad. De hecho, aeronáutica fue uno de los doce sectores con potencial de crecimiento exportador, que la Secretaría de Economía propuso impulsar; incluyendo automotriz, electrónica, software y autopartes, entre otros. En 2003, la secretaría había decidido desarrollar a este sector en México. “Había una idea de que estaban un conjunto de características reunidas para poder hacer del Sector Aeroespacial en México un Sector de referencia. Yo creo que [la idea] fue de un conjunto de actores” (Sandoval M. , 2018). Más tarde se incorporarían otros actores, creándose las relaciones necesarias entre empresas, academia y gobierno para impulsar la PDP de la IA. Se buscaba atraer hacia México a empresas multinacionales alrededor de las cuales se promovería la conformación de clústeres de fabricantes nacionales, y se los integraría a las cadenas globales de valor (Domínguez y Brown, 2013). Se hizo una identificación de las empresas basadas en Montreal con potencial para venir a México, dentro de los tres sectores seleccionados. Había la idea de que el aeroespacial podía ser un sector estratégico para México por diferentes motivos: (i) su alta competitividad e impacto potencial en el desarrollo de la economía nacional, y (ii) existían condiciones en México para su atracción y desarrollo, por la existencia de mano de obra calificada y por sus bajos costos relativos.

Un proceso de búsqueda inicial permitió ubicar un conjunto de empresas ya

existentes en México, que funcionaban como proveedoras de la IA, incluso algunas con capacidades y actividades de ingeniería. El impulso a este proyecto, desde el lado mexicano, coincide con algunas condiciones del mercado global, que motivaron a las multinacionales en la misma dirección. Dada la entrada de Airbus y Embraer, los costos empiezan a convertirse en un elemento importante de competencia. Los oligopolios aeroespaciales buscaban nuevos esquemas de proveeduría, para reducir costos. Es así como convergen los propósitos de la PDP en México con los de Bombardier, empresa canadiense que se establece como *greenfield* en 2005, e inicia sus operaciones en el estado de Querétaro en el año 2006.

Bombardier destacó los siguientes pasos que México tiene que dar para transitar hacia la manufactura de un avión completo⁷:

- Lograr la certificación completa del Acuerdo Bilateral de Seguridad en la Aviación (BASA) en un período de cinco años.
- Ampliar la base de proveeduría de aeropartes, la cual se espera duplicar de 2007 a 2012.
- Contar con la infraestructura y el capital humano necesarios para la producción de aeronaves a través de la Universidad Tecnológica de Querétaro y la Universidad Aeronáutica de Querétaro.
- Fortalecer a la Dirección General de Aeronáutica Civil, a efecto de que sea posible contar con una autoridad verosímil con amplia capacidad técnica, que pueda certificar la comercialización de aeronaves fabricadas en México.
- Al fortalecer el sector aeronáutico, el país obtendría las siguientes ventajas:
 - Entraría a un negocio que en 2029 podría alcanzar un valor estimado de 407,000 millones de dólares.

En este marco se fue avanzando hacia el diseño del Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial. Los mapas de ruta fueron las bases de la política industrial

⁷ Fuente: Expansión “Un avión hecho en México busca pista”. Lunes 25 de abril de 2011. Consultar en: <https://expansion.mx/expansion/2011/04/19/un-learjet-85-corregido-y-aumentado#article-6>

enfocada a la IA en México. Esta herramienta, que se estaba utilizando en Canadá y que se adoptó en México para impulsar una planeación colaborativa, buscó la participación de todos los actores involucrados. El primer mapa se elaboró en 2007, realizándose a partir de ese año nuevos mapas, de tal forma que cada versión fuera recogiendo y discutiendo las propuestas de los actores, basadas en sus experiencias y el aprendizaje acumulado. PROMEXICO ha publicado a la fecha tres mapas nacionales y cinco mapas regionales: Baja California, Chihuahua, Nuevo León, Querétaro y Sonora.

a. Objetivos de las políticas enfocadas a la IA

Los objetivos se relacionan con mejorar la competitividad y promover las exportaciones, la formación de capital humano, la introducción de mejores prácticas en las Pymes proveedoras y la conformación de agrupamientos productivos. Los ejes principales de la política industrial en este caso giraron en torno al potencial de la IA para promover el crecimiento exportador y la atracción de IED. Desde el inicio se plantea la formación de un clúster aeroespacial.

De acuerdo con la idea inicial, se buscaba atraer hacia México empresas de sectores estratégicos alrededor de las cuales se promovería la conformación de ‘clústeres’ de fabricantes nacionales medianos y pequeños, interesados en expandirse hacia los mercados globales. Dada la existencia de una industria electrónica y automotriz consolidada en el país, se consideraba que había condiciones adecuadas para atraer a la IA. Se pensaba que el desarrollo de la IA estimularía la inserción de PyMES mexicanas en actividades de base tecnológica. Más tarde se entendería que la IA tiene más semejanza con sectores como el de equipo médico, y no con el automotriz, por lo cual las capacidades existentes eran diferentes a las capacidades necesarias para el sector.

“... El modelo de negocio comparado con la industria automotriz no tiene nada que ver, ... en la industria automotriz, cada año cambian modelos, motores, y en la industria aeronáutica los motores de los aviones en los que

has volado, últimamente, te aseguro que tienen entre 25 y 30 años de volar diario, ... ya son diseños muy comprobados ...". (Rubio, 2018)

“Empezamos a analizar más que al sector automotriz y electrónico, a sectores de manufactura basados en alta mezcla, ... es más parecido a hacer un avión, hacer un dispositivo médico, en términos de paradigmas de manufactura, porque el automotriz en términos generales es manufactura en serie, por lo que requiere de una forma diferente de analizar el proceso” (Sandoval M. , 2018).

El enfoque era en esencia regional, pues los clústeres se formarían en los estados. A nivel de los diversos estados, la atracción de este sector implicaría una oportunidad de incrementar la inversión productiva vía IED, así como la generación de nuevos empleos. Estos dos objetivos siempre han estado presentes en la política a nivel estatal, aun cuando a nivel nacional se destaquen los temas de competitividad, innovación y productividad con distintos énfasis, según cambian los objetivos de las subsecuentes administraciones federales.

En 2009 se publica el Plan de Vuelo Nacional, en el cual se presentan los resultados del primer mapa de ruta tecnológica, que es un plan integral que recoge las apreciaciones de los líderes del sector, para definir un proyecto de gran visión (Secretaría de Economía / FEMIA, 2009). El mapa de ruta se plantea como un proceso con enfoque de mejora continua, sujeto a evaluación y por lo tanto inacabado en el sentido de que requiere actualización y adecuación permanente. En este primer plan publicado, se describe detalladamente la metodología para la elaboración del mapa de ruta tecnológica para el sector aeroespacial mexicano, proponiendo una estrategia que incluye nueve líneas acción.

A partir del Plan de Vuelo Nacional se diseña el Pro-Aéreo, que es el Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial 2012-2020, publicado en marzo de 2012. Aquí se identifican cinco estrategias, cada una con un conjunto de acciones e hitos. (Secretaría de Economía / FEMIA, 2014)

En 2014 se publica el nuevo Plan Nacional de Vuelo (PNV), base para desarrollar la estrategia del sector aeroespacial mexicano, planteada en el Pro-Aéreo.

b. Planeación a nivel regional

En el norte del país, los clústeres de Baja California, Sonora, Chihuahua y Nuevo León obedecen a una lógica de cercanía con la frontera con Estados Unidos, esto se expresa en los destinos de las exportaciones. A diferencia de Querétaro, son clústeres de proveedores que no están localizados junto a una productora de aviones. Eso marca diferencias en la estrategia de construcción de capacidades y de innovación, así como en el poder de negociación y en los mercados objetivo.

La selección de Bombardier, para establecerse en Querétaro dio impulso a partir de 2005 a un periodo fecundo de expansión de la IA a todo lo largo del país, con el establecimiento de otras compañías tales como Aernova, Snecma Americas, Messier Dowty, etc.

En los casos de Sonora y Baja California, como sucedió en el caso de Querétaro, la existencia de competencias relacionadas con la historia productiva previa y el apoyo estatal fueron factores de atracción de nuevas plantas (Casalet, 2013). En cuanto a la diferencia de mercado objetivo, esto puede ilustrarse con el caso de Baja California, que destina el total de las ventas de exportación de su IA hacia el mercado estadounidense, mientras que en el caso de Querétaro solo el 50% van a dicho mercado, y 44% va a Europa. (Ketels et al. 2015)

De acuerdo con PROMEXICO (2015b) y (González, 2015), las estrategias de estos clústeres son las siguientes:

En el caso de Baja California, la estrategia se ha enfocado a los servicios de investigación y desarrollo para la IA; el estado tiene potencial para el desarrollo de sistemas de fuselaje y plantas de poder.

En Chihuahua, la madurez que ha alcanzado la IA, ha permitido plantear la atracción de proyectos estratégicos de empresas de alta tecnología, líderes en bienes de uso dual; su vocación se ha identificado en la manufactura de maquinados de precisión.

La IA en Sonora se basa en el desarrollo de la cadena de proveeduría, focalizándose en la innovación, principalmente en la manufactura de turbinas, y en la generación de talento especializado.

En Nuevo León, la estrategia se basa en aprovechar sus capacidades en fabricación avanzada, ingeniería, diseño e I+D para suministrarlos al desarrollo del sector aeroespacial de la región. Al respecto de la existencia de una estrategia nacional que articule e integre las estrategias regionales, se encontró la opinión de que los clústeres han tomado su propio camino, lo cual ha limitado esa integración. Esto habría provocado también la imposibilidad de generar sinergias y la construcción de la masa crítica necesaria para avanzar en la cadena de valor. “Lo que ha pasado es que, cada uno se fue por su propio camino, entonces en vez de conjuntar un grupo de 40, 50 personas, o 100 personas, que colaboren con instituciones y con infraestructura complementaria, piden básicamente lo mismo en forma paralela, y es básicamente imposible levantar la cadena de valor, porque no pueden hacer algo que realmente sea complejo”. Ha faltado convencimiento para integrar esfuerzos, y desarrollar distintas especializaciones en el país. “Sonora tiene tres o cuatro de las empresas para hacer turbo mecánica, que se dediquen a hacer turbo mecánica, pero no, todos quieren hacer turbo mecánica”. (Marcelo Funes, ex Presidente FEMIA, AVNTK, S.C., Guadalajara)

Las dificultades para poner el nombre a la UNAQ ilustran las diferentes percepciones y la falta de la estrategia nacional. “El Gobierno del estado [de Querétaro] decide crear una universidad, para atender las demandas de la industria. Inicialmente la llaman Universidad Nacional Aeronáutica, pero como estaba localizada en Querétaro y enfocada a las necesidades del estado, no podía nombrarse Universidad Nacional, [hubo quejas al respecto] ... se cambió el nombre a Universidad Aeronáutica de Querétaro [UNAQ]”. (Alejandro Lozano, ex director de CONCYTEQ y director de CICATA, IPN).

Conclusiones

El éxito y establecimiento de la IA aeroespacial en México es resultado de un proceso de desarrollo económico e institucional que data de mediados del siglo XX con el fomento a las actividades agroindustriales y -posteriormente- el establecimiento de industrias metalmecánicas en ciertos puntos estratégicos del país; más el interés y esfuerzo del gobierno (en especial los gobiernos estatales de Querétaro y Baja California) por organizar el establecimiento de clústeres industriales, como sucedió en Querétaro donde se construyeron las plantas del clúster alrededor de la pista del Aeropuerto Intercontinental de Querétaro, donde además se ubicó a la Universidad Aeronáutica de Querétaro para que tuviera acceso directo a la terminal aérea y las fábricas, elementos con los que pudo formularse un esquema educativo *sui generis* en el que no existen aulas, sino se recrea un ambiente fabril donde los estudiantes conviven con aeronaves reales, las cuales se les permite desarmar, armar y reparar; y colaboran directamente con firmas vecinas como Bombardier, Safran, Airbus, entre otras.

Sin embargo, en México no existen las condiciones institucionales ni de seguridad para poder armar en el país una aeronave completa. Las certificaciones de los aviones que se comercian para el uso de transporte masivo están a cargo de pocas organizaciones, como lo son la *Federal Aviation Administration (FAA)* y la *European Union Aviation Safety Agency (EASA)*. En el caso de la FAA, esta se encarga de regular todo lo relacionado al tráfico aéreo civil, de la certificación de los aeropuertos que se construyen en territorio estadounidense, así como de su operación y de certificar a todo el personal y aeronaves relacionados con la aviación en Estados Unidos. Por su parte, la EASA tiene las mismas tareas, pero aplicables para los países de la Unión Europea. En común, ambas organizaciones destacan por sus altos estándares en el manejo de la seguridad aérea y por el profesionalismo de las personas que las integran. En el caso de la FAA, el director encargado debe cumplir con una rigurosa normativa donde lo que prevalece es la experiencia dentro de la regulación en la IA. Por su parte, en la EASA, la Junta de Gobierno está formada por expertos de cada uno de los 28 países miembros de la Unión Europea más cuatro especialistas de países observadores (Suiza, Noruega, Islandia y

Liechtenstein). En cambio, la Dirección General de Aeronáutica Civil, dependencia encargada de la regulación del tráfico aéreo en México, no cuenta con mecanismos semejantes a la FAA y EASA para designar a sus directores responsables. Esta facultad depende de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; y no existen mecanismos que permitan la permanencia y profesionalización de sus funcionarios técnicos. Este hecho evita que las certificaciones que pudiera emitir la DGAC no sean tomadas en cuenta para fabricar y comercializar aeronaves hechas en México.

En este sentido, PROMÉXICO y el Aerocluster de Querétaro han sugerido la creación del *North American Security Block*, a efecto de contar con una institución trilateral entre México, Estados Unidos y Canadá en la regulación del sistema aéreo norteamericano. Sin embargo, la incertidumbre y hostilidad con la que se han manejado recientemente las relaciones entre los tres países es pertinente recomendar el cambio en el régimen jurídico de la DGAC; convertir a la dirección en un instituto con autonomía técnica y de gestión a efecto de dar continuidad al proceso de desarrollo institucional del marco regulatorio de la IA.

Asimismo, es necesario impulsar una política industrial integral orientadas al comercio y producción bajo un esquema de Cadenas Globales de Valor, el cual agregue de forma total el desarrollo científico y tecnológico. Esto requiere del fortalecimiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) como instrumento para insertar a México en la nueva revolución tecnológica.

De este modo es necesario que el gobierno tenga la capacidad de generar mercados innovadores que permitan el desarrollo de nuevos productos, como sucede en Estados Unidos, donde a través de las compras del gobierno y del ejército se crean incentivos a la innovación (Mazzucato, 2015). Sumado a ello, es necesario que el impulso hacia una política orientada en CGV tenga el diagnóstico que aquí mismo se presenta, para conocer cuáles son los nodos de desarrollo donde es posible aplicar una política industrial que desarrolle cadenas de proveeduría dentro de la IA; por lo que es necesario que los tomadores de decisiones busquen atraer inversiones de grandes empresas proveedoras de OEM.

Bibliografía

- Carrincazeaux, C., & Frigant, V. (2007). The internationalization of the French aerospace industry: to what extent were the 1990s a break with the pas? *Competition and change*, 261-285.
- Casalet, M. (. (2013). *La Industria Aeroespacial. Complejidad productiva e institucional*. México: FLACSO México.
- Leontief, W. (1986). *Input-Output Economics*. Oxford University Press.
- Ley para Impulsar el Incremento Sostenido de la Productividad y la Competitividad de la Economía Nacional (Diario Oficial de la Federación 17 de Mayo de 2017).
- CIA. (27 de Mayo de 2019). *Central Intelligence Agency*. Obtenido de The World Factbook: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/381.html>
- Cimoli, M., & Dosi, G. &. (2008). The future of industrial policies in the new millenium: Toward a knowledge-centered development agenda. *LEM Papers Series*.
- Comité Nacional de Productividad. (15 de Noviembre de 2016). *Acciones y estrategias para Democratizar la Productividad*. Obtenido de http://www.senado.gob.mx/comisiones/productividad/reu/docs/151116_JR.pdf
- Coparmex. (2017 йил 11-Diciembre). *Propuesta Coparmex de Reforma Fiscal*. Retrieved from http://www.coparmex.org.mx/downloads/ENVIOS/COMPILACION_PROPU ESTA_DE_REFORMA_FISCAL.pdf
- Atlas de la Complejidad Económica. (s.f.). *¿Quiénes somos?* Obtenido de <http://complejidad.datos.gob.mx/#/about/project-description>
- Di Maggio, M., & Kermani, A. (2016). *The Importance of Unemployment Insurance as an Automatic Stabilizer*. The National Bureau of Economic Research.
- Díaz, M. y. (s.f.). Dinámica de la cadena global aeroespacial y sus factores de competitividad y estancamiento; un análisis con teoría de grafos.
- Domínguez, L., & Brown, F. &. (2018). *Fuerzas motoras y obstáculos de la cadena aeroespacial en México*. Mexico: Facultad de Economía, UNAM.
- Dussel, E. (. (2018). *Cadenas Globales de Valor*. México: Facultad de Economía.
- Dutrénit, G., Moreno-Brid, J., & Sánchez, J. (. (2018). *Políticas de Desarrollo Productivo en México*. Lima: Organización Internacional del Trabajo.

- FEMIA/PROMÉXICO. (2012). *Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial*. México: PROMÉXICO.
- Gaudin, Y., & Padilla, R. &. (2013). *Sistemas nacionales de innovación en Centroamérica*. Santiago: CEPAL.
- González, F. (2015). La industria aeroespacial en México. *Comercio Exterior*, 24-29.
- Hanson, G. (2012). *Understanding Mexico's economic underperformance*. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Washington, DC: The Regional Migration Study Group.
- Hualde, A. &. (2005). *Diagnóstico de la industria aeroespacial en Baja California Características productivas y requerimientos actuales y potenciales de capital humano*. Tijuana, México: El Colegio de la Frontera Norte.
- Hualde, A. &. (2007). *La Industria Aeroespacia en Baja California*. Tijuana: El Colegio de la Frontera Norte.
- INEGI. (30 de Octubre de 2013). *La contabilidad del crecimiento y la productividad total en México*. Obtenido de http://www.inegi.org.mx/eventos/2013/contabilidad_mexico/presentacion.aspx
- INEGI. (2013). *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México SCIAN 2013*. Ciudad de México: INEGI.
- INEGI. (27 de Mayo de 2019). *Directorio Estadístico de Unidades Económicas*. Obtenido de www.inegi.org.mx
- Máttar, J. y., & Peres, W. (1997). La política industrial y de comercio exterior en México. En P. Wilson, *Políticas de competitividad industrial*. Ciudad de México: Siglo XXI.
- Mazzucato, M. (2015). *The Entrepreneurial State. Debunking public vs. private sector myths*. New York: Public Affairs.
- Miller, R. &. (2009). *Input-Output Analysis*. New York: Cambridge University Press.
- OECD. (2007). Recuperado el 02 de noviembre de 2017, de <http://www.oecd.org/sti/inno/39374789.pdf>
- OECD. (2015). México. Policy priorities to upgrade the skills and knowledge of mexicans for greater productivity and innovation. *Better Policies*.
- Plan Nacional de Desarrollo Industrial: bases de concertación para su cumplimiento (Diario Oficial de la Federación 19 de Marzo de 1979).

- Padilla, R. (2014). *Fortalecimiento de las cadenas de valor como instrumento de la política industrial*. Santiago: CEPAL.
- Péres, W. (2006). *Políticas de Competitividad Industrial*. Ciudad de México, México: Siglo XXI.
- Pérez Castañeda, J. C. (2007). *La planeación y el desarrollo rural*. Distrito Federal: Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria.
- Presidencia de la República. (2017). *5to Informe de Gobierno 2016-2017*. Ciudad de México: Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos.
- Programa para Democratizar la Productividad 2013-2018 (Diario Oficial de la Federación 30 de Agosto de 2013).
- PROMÉXICO. (2015). *México's Aerospace Industry Road Map*. México: PROMÉXICO.
- Rodrik, D. (13 de enero de 2016). The return of Public Investment. *Project Syndicate*.
- Romero, J. A. (2010). *La hélice Anáhuac. Un siglo después*. Obtenido de Universidad Autónoma de Querétaro: https://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v4-n3/t4.pdf
- Rubio, F. (Febrero de 2018). Entrevista a Felipe Rubio, Director del CENTA Querétaro. (G. Dutrénit, A. Vera, J. Sánchez, & A. Torres, Entrevistadores)
- Ruiz Durán, C. (2013). *Nueva política industrial ¿Opción para un desarrollo sustentable e inclusivo en México?* México: Friedrich Ebert Stiftung.
- Sánchez Juárez, I. L., & Moreno-Brid, J. C. (2016). El reto del crecimiento económico en México: industrias manufactureras y política industrial. *Finanzas y Política Económica*, 271-299.
- Sandoval, M. (Febrero de 2018). Entrevista al ex CEO de TechBA en Montreal y ex Director Ejecutivo de Análisis Prospectivo e Innovación de PROMÉXICO. (G. Dutrénit, Entrevistador)
- Sandoval, S., & Morales, A. &. (Agosto - Nov de 2019). Estrategia de escalamiento en las cadenas globales de valor; el caso del sector aeroespacial en México. *Entre Ciencias*, 7(20), 35-52.
- Secretaría de Economía / FEMIA. (2009). *Plan Nacional de Vuelo*. México: Secretaría de Economía. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/58802/Plan_Estrategico_de_la_Industria_Aeroespacial_junio.pdf

Secretaría de Economía / FEMIA. (2014). *Plan Nacional de Vuelo*. Mexico: Secretaría de Economía.

Secretaría de Economía. (2017). *5to Informe de Labores 2016-2017*. Ciudad de México: Secretaría de Economía.