

## LA INDUSTRIA AEROESPACIAL EN MÉXICO: CARACTERÍSTICAS Y RETOS EN SONORA

Miguel Ángel Vázquez y Carmen Bocanegra<sup>1</sup>

Fecha de recepción: 20 de noviembre de 2017. Fecha de aceptación: 12 de marzo de 2018.

<http://dx.doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2018.195.63183>

**RESUMEN.** El objetivo del presente texto es el aportar conocimientos sobre la situación y los retos de la industria aeroespacial en el estado de Sonora, México. Para ello se realizaron diversas entrevistas a funcionarios de empresas que arrojaron resultados como los siguientes: la industria se ha desplazado hacia localidades que ofrecen mejores condiciones para operar; el avance en los procesos de flexibilidad tecnológica reclama de una revisión en la capacitación de capital humano que se forma en las instituciones de educación superior de la entidad. No obstante, de ser uno de los cinco estados líderes a nivel nacional en la producción aeroespacial, la integración de cadenas productivas de valor aún es muy limitado y se concentran en el Nivel 2 de las cadenas de suministro.

**Palabras clave:** industrias de alta tecnología; procesos productivos; cadenas de suministro y valor; innovación tecnológica; capacitación; mano de obra calificada.

**Clasificación JEL:** L6, M11, M21, 014, 033.

## THE AEROSPACE INDUSTRY IN MEXICO: CHARACTERISTICS AND CHALLENGES IN SONORA

**ABSTRACT.** The objective of this paper is to expand the body of knowledge about the situation of and challenges facing the aerospace industry in the state of Sonora, Mexico. To do so, various interviews were conducted with company officials who shared results like the following: the industry has moved toward districts that offer the best conditions to operate; the march of technological flexibility in processes calls for a review of how institutions of higher education in the state are training human capital. Moreover, despite ranking in the country's top five states in aerospace production, the integration of productive value chains still leaves much to be desired, and is concentrated at Level 2 of the supply chains.

**Key Words:** High-tech industries; productive processes; supply and value chains; technological innovation; training; skilled labor.

<sup>1</sup> Universidad de Sonora, México. Correos electrónicos: mvazquez@pitic.uson.mx y cboca@pitic.uson.mx, respectivamente.

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria aeroespacial es una de las más complejas e importantes en el mundo. La naturaleza de su contenido exige innovación tecnológica, así como capacitación permanente de recursos humanos; también requiere de una gran sensibilidad en los procesos productivos que involucran a una industria de la cual dependen vidas humanas.

Según el Plan Nacional Estratégico de la Industria Aeroespacial (Secretaría de Economía, 2012), la cadena de valor mundial de esta industria se divide en varios segmentos: aeronaves y sus partes; motores de aeronaves y sus partes; sistemas eléctricos-electrónicos y aviónica; mantenimiento, reparación y revisión (MRO); simuladores y entrenamiento; y espacial, misiles, armamento y otros.

Para su manufactura, los segmentos antes mencionados son enviados a diversas localidades del mundo, donde se han creado condiciones para emprender y desarrollar su producción cuyo grado de sofisticación tecnológica, se advierte en el bien final, más no necesariamente en la elaboración de pequeñas piezas aparentemente de manufactura sencilla.

El objetivo central de este artículo es analizar la situación, las características y los retos que presenta la industria aeroespacial en el estado mexicano de Sonora en el contexto nacional de esa industria, para lo cual se dividió en varios apartados: introducción; descripción y relación de elementos teórico-conceptuales que permiten entender y analizar el desarrollo de la industria aeroespacial; después los principales rasgos contextuales que caracterizan a esta industria a nivel del capitalismo global, en el entorno nacional y estatal; descripción de la metodología utilizada y, finalmente, se muestran los resultados. El trabajo cierra con las conclusiones, el acopio de las fuentes utilizadas y un anexo de empresas y personas entrevistadas.

## 2. REFERENTES TEÓRICOS-CONCEPTUALES

La aeroespacial es una de las actividades de punta del sector industrial, elabora productos y proporciona servicios para transporte, comunicaciones, seguridad y defensa (Morán y Mayo, 2013, pp. 3-4). Para tal fin, anida en múltiples ubicaciones de la globalización dando lugar a la “modificación de la geografía locacional de la industria manufacturera, poniendo frente a frente la creación de un único espacio de mercado global y un enorme abanico de lugares productivos discontinuos en la superficie terráquea” (Boisier, 2014, p. 23).

El frente a frente de lo global con lo local, se ha acentuado en las últimas tres décadas por la liberalización de las economías y su formalización

en tratados de integración económica, como el que conecta a toda América del Norte (TLCAN). El corazón donde nació el movimiento centrípeta son los procesos productivos flexibles amalgamados en la empresa global que Coriat (1992) describió como de producto, gama, elementos, envío y volumen, que se acentuarán en la medida en que los procesos productivos sean complejos e impongan nuevas formas de relacionarse el capital y el trabajo.

En su dinámica, las empresas globalizadas trasladan a los países emergentes segmentos de su cadena de producción cada vez más pequeños, realizados por trabajadores que requieren conocimiento y control de los procesos productivos. Esto es particularmente cierto en las industrias de alta tecnología como la aeroespacial, donde los trabajadores –en este caso de varias localidades de Sonora–, pueden recibir capacitación a través de las tecnologías de la comunicación y la información tradicional, pero también en las formas mencionadas por Baldwin (2016), la telerobótica y la telepresencia. Lo que permite la trasmisión de ideas y conocimientos, rescatando saberes acumulados y los que vayan surgiendo de la práctica productiva y la competencia,<sup>2</sup> en un mundo que transita hacia la cuarta revolución (Schwab, 2016) industrial, marcada por la convergencia entre la industria y la alta tecnología de la información en la comunicación en los términos de la plataforma de la industria 4.0 (Hermann *et al.*, 2016).

Este concepto, cuyo origen primigenio se ubica en Alemania a partir de 2011, marca un nuevo hito en la carrera tecnológica, sustentándose en seis principios básicos: interoperabilidad, virtualización, descentralización, capacidad en tiempo real, orientación al servicio y modularidad, y cuatro componentes: sistemas ciber-físicos, el Internet de las cosas y los servicios y la fábrica inteligente (Hermann *et al.*, 2015).

Lo anterior implica el desarrollo del Internet de las cosas y de los servicios, así como de la manufactura aditiva (impresión 3D). La referencia a la plataforma de la industria 4.0 (Cluster Institute. *Industria 4.0.*) tiene el interés de dejar asentado, las tendencias hacia donde apuntan avances tecnológicos como los de la industria aeroespacial y aeronáutica, lo cual no significa que sean prácticas homogéneamente distribuidas en ésta, ya que por el contrario forman parte de una dinámica de “destrucción creativa”, que avanza a distintos ritmos y niveles.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Para profundizar en la lógica de la sociedad del aprendizaje, véase a Stiglitz y Greenwald (2015).

<sup>3</sup> Un buen ejemplo es el mexicano. En Querétaro, la empresa NC Tech –con la participación del aeroclúster de la entidad y la Universidad Aeronáutica de Querétaro–, organizaron en 2017 un encuentro para dar a conocer estos avances durante la Jornada de manufactura 4.0 (Pérez, 2017).

En la medida en que la economía internacional evolucionó hacia la globalización, aparecieron construcciones teóricas que se han convertido en referentes obligados para este tipo de estudios. De esta manera, Porter (2000) da un salto analítico cuando para el análisis de cómo ser competitivo, introduce el concepto de valor que define así: “el valor es la cantidad que los compradores están dispuestos a pagar por lo que una empresa les proporciona”, planteamiento que luego complementa con el de cadena de valor a la cual le da el significado de ‘un sistema de actividades interdependientes’” (Porter, 2000, p. 54). Así, divide las actividades en dos niveles de importancia: unas que denomina actividades primarias, donde incluye logística interior, operaciones, logística exterior, mercadotecnia y ventas y abastecimiento; las segundas son las actividades de soporte y se integran por la infraestructura de la empresa, administración de recursos humanos, desarrollo de la tecnología y abastecimiento (Porter y Millar, 1985).

A lo anterior se añade el concepto de cadenas de suministro, reiteradamente utilizado en la industria aeroespacial, mismo que se define como “las actividades realizadas para unir cada punto o secuencia de los actores, para tener como resultado una entrega oportuna, confiable, y de calidad de los productos a un bajo costo” (Srinivasan *et al.*, 2011, p. 262).

Como corolario de este conjunto de instrumentos teóricos para entender la industria aeroespacial, se hace referencia a los trabajos de otro especialista:

Una cadena productiva (*commodity chain*) se refiere al amplio rango de actividades involucradas en el diseño, producción y comercialización de un producto [...] las cadenas productivas dirigidas al productor son aquellas en las que los grandes fabricantes, comúnmente transnacionales, juegan los papeles centrales en la coordinación de las redes de producción (incluyendo sus vínculos hacia atrás y hacia adelante). Esto es característico de las industria de capital y de industrias con tecnología intensiva, tales como las automotrices, las de aviones, computadoras, semiconductores y maquinaria pesada (Gereffy, 2001, p. 14).

La aportación que substancia los planteamientos de este autor, tiene relación con la internacionalización de las cadenas productivas a través de las redes que se establecen entre la empresas madre y las micro, pequeñas y grandes empresas que “coadyuvan” para que los segmentos productivos se entrelacen hasta llegar al producto terminado.

Los conceptos considerados, industria aeroespacial; localidades/regiones y globalización; procesos productivos flexibles; cadenas de suministro y de valor en los segmentos de la cadena productiva global, son clave para entender la

dinámica organizativa de las empresas que se deslocalizan de su país de origen, para armar su rompecabezas productivo a través del mundo. Dichos procesos están siendo apuntalados por la lógica tecnológica en espiral de la globalización y los avances de la telerobótica y la telepresencia, cobijados por la plataforma de la industria 4.0, hoy en día en expansión.

### 3. ELEMENTOS CONTEXTUALES

#### La industria aeroespacial a nivel mundial

El desarrollo de la industria aeroespacial forma parte de la nueva división internacional del trabajo, donde los países tienden a especializarse según sus niveles de posesión de capital, desarrollo tecnológico, capital humano, capacidad de innovación, extensión de redes productivas por el mundo y segmentación de las cadenas productivas de valor.

Las empresas que poseen esas fortalezas a nivel de la economía global son: Boeing de Estados Unidos que acapara 7.4% del mercado mundial; seguida de EADS, en Europa, con una participación de 6.5%; Lockheed Martin Corporation, también de Estados Unidos, con 4.9% y BAE Systems PLC del Reino Unido con 3.8% del mercado mundial (Clearwater Corporate Finance LLP, 2010 citado en Morán y Mayo, 2013, p. 4).

Los conglomerados más importantes de la industria aeroespacial están en los estados de Washington (Boeing), California (Boeing, Lockheed Martin, etcétera) en Estados Unidos; en Montreal, Canadá (Bombardier, Pratt y Whitney Canada); en Toulouse, Francia (Arianespace/Astrium/Airbus/EADS); y en Hamburgo, Alemania (Airbus/EADS); así como en São José dos Campos, Brasil, donde tiene su sede la empresa brasileña Embraer. Particularmente, en la fabricación de aviones las empresas líderes son: Airbus, Boeing, Bombardier, Embraer y ATR (Morán y Mayo, 2013, pp. 7-8).

Desde sus matrices, estos agrupamientos industriales se distribuyen a países, regiones y localidades que ofrecen adecuadas condiciones para instalarse como: infraestructura para la localización; facilidades institucionales; recursos humanos capacitados; instituciones educativas y de investigación formadoras de capital humano que permitan su renovación; empresas que garanticen la centralidad de los procesos productivos sin la distracción de ocuparse de aspectos legales y fiscales; transporte, seguridad y alimentación; es decir, que realicen actividades de *outsourcing*.

## La industria aeroespacial en México

Los años noventa marcaron el inicio de la industria aeroespacial que durante el transcurso del siglo XXI ha acentuado su crecimiento (véase cuadro 1), destacando la proyección ascendente en inversión, empresas y empleo hacia el 2020.

En el mapa 1 se puede constatar que para 2013 se había configurado una estructura de localización que se mantiene hasta la actualidad (2017). El número de empresas aeroespaciales eran 267 concentradas en cinco estados (75.28% del total), destacando cuatro estados fronterizos, el resto se dispersaban en 13 estados de la República mexicana. Según información de la Secretaría de Economía, para 2015 el total de empresas se había incrementado a 300, distribuidas en 18 estados, con más de 43 mil empleos. Los cinco estados con mayor número de empresas son: Baja California (71), Sonora (52), Chihuahua (35), Querétaro (41) y Nuevo León (32) (Quintana y Ortigoza, 2015).

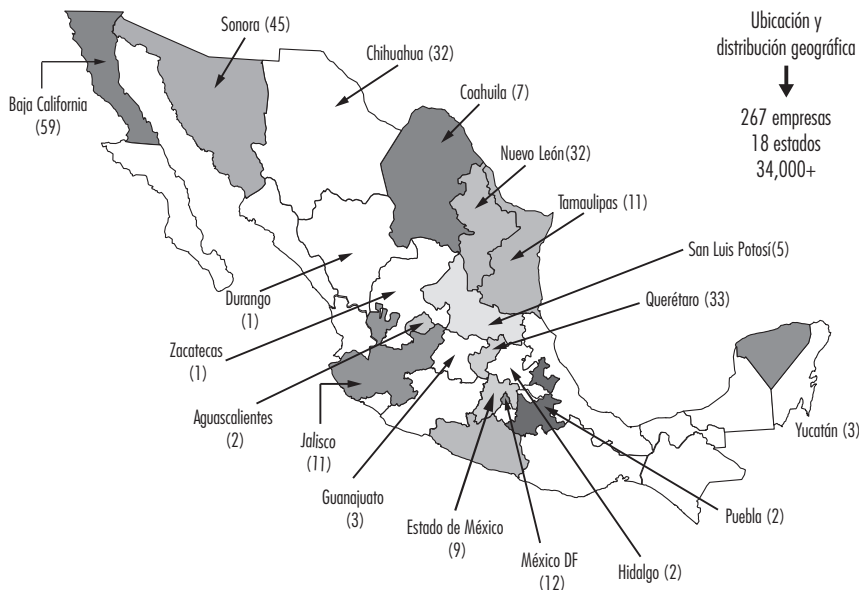
Si bien uno de los objetivos de la industria aeroespacial es constituirse en clúster o agrupamientos donde las empresas desempeñen una división del trabajo que las retroalimente entre sí en términos de demanda de insumos, piezas, componentes, ensambles y uso del factor trabajo, en la práctica en algunos estados sólo tienen en común el espacio geográfico donde operan distado de ser clúster o agrupamientos en el estricto sentido del concepto, ya que suelen ser empresas únicas que funcionan de manera aislada. En este sentido, la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA, 2013), señala que es una industria con alto potencial de clusterización. En el cuadro 2 se pueden observar los distintos conjuntos de la industria aeronáutica.

Cuadro 1. Dimensión cuantitativa de la industria aeroespacial en México (2004-2020)

<i>Año</i>	<i>Empresas</i>	<i>Empleos</i>	<i>IED</i>	<i>IED acumulada</i>
2004	65	10 500	470	4 300
2011	238	31 000	1 300	19 300
2015	350	38 000	3 200	27 500
2020	450	110 000	4 600	48 000

Fuente: elaboración propia con datos de la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA) (2013).

Mapa 1. Localización y distribución de la industria aeroespacial en México (2013)



Fuente: Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología (SE), Promexico, tomado de FEMIA (2013).

Las empresas ubicadas en el mapa 1 dividen sus actividades en tres áreas de producción que se pueden observar en el cuadro 3: el 79% se dedican a la manufactura, es decir, fabricación y ensamblaje de componentes y partes de aeronaves; 11% a mantenimiento y revisión y 10% al diseño e investigación.

Las capacidades productivas de esta industria la han llevado a convertirse en la sexta proveedora de la industria aeroespacial para Estados Unidos, estimándose exportaciones por 7 500 millones de dólares para 2017, cifra 18% superior a la alcanzada en 2014, con 34 mil empleos generados. La meta es lograr el ciclo completo en la fabricación de una aeronave, que comienza con el diseño e ingeniería, la elaboración de piezas y partes, el mantenimiento, el ensamblaje del avión y reciclaje (García, 2017).

Cuadro 2. México: principales conjuntos de la industria aeronáutica (2013)

<i>Estado</i>	<i>Especialidad</i>	<i>Núm. empresas</i>	<i>Empresas</i>
Baja California:	– Eléctrico y electrónico	59	– Honeywell Aerospace
– Mexicali	– Partes para motor		– UTC Aerospace
– Tecate	– Instrumentos de control y navegación		– Systems
– Tijuana	– Ingeniería y diseño		– GKN Aerospace
	– Eléctrico-electrónico, manufactura de partes		
Sonora:	– Maquinado de alta precisión de componentes de turbina	45	– Maquilas Tetakawi
– Hermosillo	– Arneses y cables		– Sonitronics
– Guaymas			– Qef Tech
– Cd. Obregón			
Querétaro:	– Partes de fuselaje	33	– Bombardier
– Querétaro	– Trenes de aterrizaje		– Grupo Safran
	– Maquinados de precisión		– Aeronova
Chihuahua:	– Aeroestructuras	32	– Zodiac
– Cd. Juárez	– Fuselaje		– Hawker
– Chihuahua	– Maquinados de precisión para turbinas		– Honeywell
Nuevo León:	– Fuselaje de helicópteros	32	– Monterrey
– Apodaca	– Arneses y anillos de materiales especiales		– Aeroespace
– Monterrey			– Frisa
– Santa Catarina			

Fuente: elaboración con base en datos de la Secretaría de Economía y FEMIA (2012). El número de empresas corresponde a las del mapa 1.

Cuadro 3. Estructura de la industria aeroespacial en México (áreas de actividades de las empresas)

<i>Manufactura</i>	<i>MRO</i>	<i>D&amp;I</i>
Fabricación y ensamblaje de componentes y partes de aeronaves	Mantenimiento, reparación y revisión	Diseño e ingeniería
79%	11%	10%
– Arneses y cables	– Turbinas y motores	– Dinámica aeroespacial
– Componentes de motores	– Fuselajes	– Sistemas de control
– Sistemas de aterrizaje	– Sistemas eléctrico-electrónicos	– Simulación de vuelos
– Inyección y moldes de plástico	– Sistemas de aterrizaje	– Técnicas de pruebas no destructivas (NDT)
– Fuselajes	– Hélices	– Procesamiento de datos e imágenes
– Composturas	– Componentes dinámicos	– Diseño de equipo
– Intercambiadores de calor	– Cubrimientos, corrosión y protección	– Sistemas embebidos
– Maquinado de precisión	– Arreglo y rediseño de interiores	
	– Sistemas Unitarios de Poder (APU)	

Fuente: Secretaría de Economía (2012).



Las actividades de especialización de cada agrupamiento aeroespacial en los estados se desglosan en varios niveles de la cadena de suministros. Según el Plan Estratégico de la Industria Aeroespacial (Secretaría de Economía, 2012, p. 9) “la industria aeroespacial mexicana se concentra en actividades básicas de todos los segmentos, es decir, proveedora de Primer y Segundo Nivel (Tier 1 y 2) de componentes de aeronaves”.<sup>4</sup>

En una valoración general acerca de cuál es el estado que guarda la industria aeroespacial en México destacan elementos como los siguientes: es una industria nueva que en términos generales empezó a operar a principios de la década de los noventa del siglo xx, altamente compleja por la espiral tecnológica que la sustenta, la diversidad de cadenas productivas que incorpora y la demanda de técnicos y profesionistas de alta calidad en la materia, así como por la colaboración que requiere entre el sector público y el privado; estos niveles de exigencia, subyacen aun siendo una industria con bajos y diferenciados niveles de integración en los estados donde se localiza (Casalet, 2013, 2014).

La industria aeroespacial caracterizada por sustentarse en procesos productivos de muy alto valor agregado, que se pueden traducir en derramas de conocimiento (*spillovers*) a través de conectarse con las economías locales, en general en México se concentra, como ya se mencionó, en los niveles de manufacturas, mantenimiento y reparación. Empero, los niveles de *co-localización* en cada parte del país son diferentes (Villarreal *et al.*, 2016, pp. 170-172).<sup>5</sup>

<sup>4</sup> “La cadena de suministro de la industria aeroespacial se conforma fundamentalmente por fabricantes de equipo original (OEM) y proveedores de Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3.

Fabricantes de equipo original (OEM): se encargan del diseño y desarrollo de los nuevos modelos de avión, de la fabricación del fuselaje y el montaje del avión, así como de la venta final al cliente (por ejemplo, Boeing y EADS), son el componente más crítico de la cadena de valor y se caracteriza por las duras barreras de entrada, debido a los altos costos relacionados y requisitos tecnológicos.

Proveedores de Nivel 1 (Tier 1): son responsables de la fabricación de equipos y sistemas esenciales de un avión, tales como motores, sistemas de control de vuelo, alas y sistema de combustible (por ejemplo: Rolls Royce, GE Aviation y Pratt & Whitney); éstos generalmente tienen contratos de proveedor exclusivo con los OEM.

Proveedores de Nivel 2 (Tier 2): manufacturan y desarrollan partes, de acuerdo con las especificaciones proporcionadas por los OEM y los proveedores de Nivel 1; realizan subensambles de sistemas y subsistemas.

Proveedores de Nivel 3 (Tier 3): son responsables del suministro de aeropartes y componentes a proveedores que están más arriba de la cadena.

La cadena de suministro obtiene el apoyo de la industria de posventa (mantenimiento, reparación y mantenimiento mayor) que administra el mantenimiento y la actualización de un avión” (Morán y Mayo, 2013, p. 10).

<sup>5</sup> Estos autores hacen una investigación para determinar “...patrones de *co-localización* empresarial entorno a la industria aeroespacial, con el objeto de determinar: 1) aquellos sectores productivos ubicados en las cercanías de la industria aeroespacial, 2) la existencia de un patrón de localización

## La industria aeroespacial en Sonora

La trayectoria industrial moderna del estado de Sonora data de la década de los sesenta del siglo pasado. De esta dinámica sobresalen dos hitos: 1) la instalación de la planta Ford en Hermosillo y un conjunto de empresas colaterales a partir de 1986, y 2) la localización de la industria aeroespacial en la década de los noventa. Ambos casos encontraron un ambiente determinado por la cercanía con Estados Unidos, la construcción de parques y naves industriales, el desarrollo de empresas *outsourcing*, las políticas públicas favorables y la formación de capital humano en las instituciones de educación superior.<sup>6</sup>

Respecto a su distribución territorial, si bien la actividad maquiladora ocupa espacios importantes de la economía de los municipios fronterizos, la dinámica actual es de relocalización hacia la zona costera e incluso hacia algunos municipios ubicados en la sierra del estado. En especial destaca el desplazamiento hacia el centro y sur del estado de la industria aeroespacial (Bocanegra y Vázquez, 2010, pp. 137-143).

El crecimiento es cuantitativo, así como la especialización de esta industria en construcción de aeroestructuras, turbinas y en mantenimiento, reparación y revisión (MRO) (véase cuadro 4). En exportaciones, se estima que son cerca de 190 millones de dólares, cuyo destino principal es Estados Unidos (García, 2017).

Sin embargo, en el contexto de una industria nacional que se concentra en cinco entidades (Baja California, Sonora, Chihuahua, Querétaro y Nuevo León), estudios previos muestran que no obstante el número de empresas que operan en Sonora, su perfil tecnológico es bajo y lejos está todavía de funcionar en términos de la plataforma de la industria 4.0. Y dista de formar parte de patrones de *co-localización* en aglomeraciones que vinculen con la industria aeroespacial, es decir, “no existe evidencia estadística de que la industria aeroespacial se considere atraída espacialmente con otros sectores espaciales” (Villarreal *et al.*, 2016, p. 192).

---

de diferentes industrias, así como 3) las posibles diferencias entre estos patrones de acuerdo con las capacidades productivas de la región relacionadas a la IA, con la finalidad de 4) especificar la actual conformación productiva de los principales clústeres aeroespaciales del país y aportar un insumo que sienta una base de análisis capaz de proponer iniciativas en materia de política pública” (Villarreal *et al.*, 2016, p. 172).

<sup>6</sup> Para una visión del desarrollo industrial en Sonora véase Vázquez (2009) y Vázquez y García de León (1992).

Cuadro 4. Industria aeronáutica en Sonora

Año	Empresas	Empleo	Capacidades
2009	38	5 000	Materiales compuestos y turbinas (maquinados simples)
2013	45	7 500	MRO (mantenimiento, reparación y revisión) Aeroestructuras, turbinas (maquinados de precisión, tratamientos térmicos y químicos)
2015	60	10 000	Aeroestructuras, turbinas (forjados, fundición, recubrimientos superficiales)

Fuente: elaboración propia con información de la Secretaría de Economía del Estado de Sonora (2016).

#### 4. METODOLOGÍA

Abordar este objeto de estudio, si bien requiere de establecer coordenadas cuantitativas, en esencia demanda del uso de una metodología cualitativa que permita indagar la atomización de los segmentos productivos y las cadenas de suministro y valor en los procesos productivos globales.

Para este caso se siguió una metodología cualitativa de índole estructural, misma que se sustenta en el análisis de la selección de contextos relevantes para el problema de investigación. Dentro de estos se seleccionaron casos individuales, tomando en consideración aspectos como heterogeneidad/homogeneidad y accesibilidad. La selección se hizo a través de redes personales y contactos, esto es, individuos que por su conocimiento del entorno y de determinadas redes personales y sociales, permitieron acceder a colectivos que de otra forma no sería posible ubicar. Las muestras no están especificadas de antemano, sino que se pueden ir configurando en el propio desarrollo del proceso de investigación (Olas, 2016, p. 26).<sup>7</sup>

En el proceso de técnica metodológica se comenzó por indagar el estado del conocimiento del tema en fuentes diversas como: libros, artículos, capítulos de libros, documentos oficiales y páginas de Internet. En esta búsqueda se pudo constar que la investigación sobre la industria aeroespacial en Sonora, aún es incipiente.<sup>8</sup> Posteriormente, se realizó trabajo de campo entrevistando a funcionarios públicos del gobierno del estado de Sonora involucrados en la pro-

<sup>7</sup> Sobre metodología cualitativa véase también el capítulo 13 del libro de Hernández *et al.* (2010).

<sup>8</sup> Entre los trabajos recientes véase Becerra (2015); Becerra y Vázquez (2016); Ibarra *et al.* (2014) y Contreras y Bracamonte (2012).

moción, atracción e instalación de la industria aeroespacial. De las entrevistas derivó la necesidad de llevar a cabo un recorrido por el estado para tener una percepción fruto de la observación directa a los parques industriales y las empresas que se dedican a la producción aeroespacial. En esta etapa se hizo contacto con gerentes de empresas y se obtuvo el compromiso de entrevistarlos.

El promedio de empresas aeroespaciales en Sonora en el periodo 2000-2012 fue de 36, cifra que para 2013 se incrementó a 45 y a 60 en el 2015. En virtud de los niveles de desplazamiento de las empresas (entradas y salidas), que obviamente modifican los saldos netos, la cifra que homogeniza y representa la estabilidad de la muestra es la contenida en el Plan Nacional Estratégico de la Industria Aeroespacial, es decir, 36 empresas. De este universo se seleccionaron para entrevistas las 12 más mencionadas por los informantes, mismas que representan 33.3% del promedio neto que se mantuvo en el periodo mencionado.

Simultáneamente se prepararon dos cuestionarios semiestructurados, con preguntas a profundidad: el primero con 15 reactivos, se aplicó a funcionarios del estado de Sonora, distribuidos en tres temas principales: las políticas del gobierno para atraer inversión aeroespacial; las fortalezas y debilidades que se advertían desde el gobierno para impulsar la industria y los retos que representa para Sonora. El segundo cuestionario, compuesto de 30 reactivos agrupados en cuatro temáticas, se aplicó a gerentes de empresas o funcionarios a quien estos delegaron las respuestas. Los temas abordados fueron: perfil inmediato de la empresa (origen, tipo de producción, insumos y destino de la producción); proceso productivo (flexibilidad, innovación, inserción y nivel en las cadenas productivas y seguridad); perfil laboral (empleos, escolaridad, contratación, salarios, capacitación); y retos e imagen de futuro de la industria aeroespacial (véase anexo 1 para las empresas estudiadas).<sup>9</sup>

## 5. RESULTADOS

### La visión del gobierno

Si bien los inicios de la industria aeroespacial se pueden rastrear desde finales del siglo xx, es durante el sexenio 2009-2015 cuando esta actividad se colocó en el centro de la estrategia gubernamental. En palabras de un funcionario del Consejo para la Promoción Económica del Estado de Sonora (Copreson):

<sup>9</sup> El contenido en “bruto” de las entrevistas se puede ver en el anexo de Becerra (2015).

Desde principios de esta administración se hizo un programa para ver a qué industria se le iban a proporcionar más recursos de promoción, Sonora tiene otras industrias más desarrolladas como minería y automotriz. Se vio una gran oportunidad en la industria aeroespacial con planes de invertir y proyecciones de que creciera por lo que se le apostó desde el principio (entrevista a Candelario Medina, 2014).

En ese sentido, según el mismo funcionario, el apoyo que más se destaca desde el gobierno es el de capacitación de recursos humanos: se enviaron 16 estudiantes egresados del Conalep a capacitarse en Toulouse, Francia, mismos que trabajan para Latecoere México fabricando las puertas del 787 dreamliner de Boieng; se creó el Instituto de Manufactura Avanzada Aeroespacial de Sonora (SIAAM, por sus siglas en inglés) para capacitar a prospectos que pudieran trabajar en esa industria; se motivó a que las instituciones de educación superior y tecnológicos del estado, donde se ubica la industria, creen la carrera de aeroespacial, como ya existe en la Universidad Tecnológica de Guaymas. Dato interesante es que la industria aeroespacial remunera 1.5 veces más que otras industrias y sus contratos son para operar entre 20 y 25 años.

A pregunta específica al funcionario de Copreson sobre si se puede considerar a la industria aeroespacial como un clúster establecido y consolidado, la respuesta fue:

El clúster... más integrado está en la zona de Guaymas-Empalme, la mayoría de las empresas hace componentes de turbinas de aviones (24 empresas), hay una gran integración como cadena de proveeduría entre las empresas establecidas y existe un segmento en común. En Sonora no se tiene una ensambladora de turbinas, pero dado el caso se iría para el área de Guaymas-Empalme; ahora no hay porque faltan dos empresas en la cadena de proveeduría de la turbina del avión que no permiten que se fabriquen fuera de su país de origen, sólo lo hacen en Estados Unidos, Canadá y Reino Unido. En Ciudad Obregón hay tres empresas dedicadas al MRO y una de ingeniería en diseño (entrevista a Candelario Medina, 2014).

Las principales ventajas competitivas que desde el gobierno destacan son: ubicación geográfica de Sonora y acceso a los principales grupos de ensambladoras de aeronaves; recursos humanos capacitados, que son un efecto del aprendizaje en Ford-Hermosillo. Sin embargo, se señala como debilidad el que no se haya terminado de explotar el puerto de Guaymas, así como la conectividad por carretera. Respecto a los retos de esta industria se insiste principalmente en dos: mejorar el capital humano y la calidad de la infraestructura de Sonora.

## La visión de los gerentes

Los gerentes de empresas fueron entrevistados para obtener información sobre los siguientes temas: el entorno general de la empresa, el proceso productivo asociado al tema de la flexibilidad y la innovación, el perfil de la base laboral y las perspectivas y los retos de la industria.

### *El entorno de la empresa*

Con excepción de la empresa Robert Bosch, de origen alemán, instalada en México en 1996, el resto se instalaron entre 2000 y 2011. La mayoría de ellas provienen de Estados Unidos e importan insumos y exportan a este país, algunas también lo hacen a países europeos. Su producción está dirigida tanto a la aviación comercial, como a la militar. De las empresas entrevistadas 10 producen piezas y una realiza servicios vía Internet. Un punto relevante es la versatilidad de las empresas y en la mayoría de ellas hay mixtura en sus procesos productivos, es decir, producen para la aeroespacial, pero también para otros giros industriales. Un dato relevante es que con excepción de INCERTEC, que dijo estar ubicada en el Nivel 1 de la cadena de valor de la aeroespacial, todas las demás se ubicaron en el Nivel 2.

### *Procesos productivos*

La mayoría de los entrevistados coincidieron en el hecho de que las empresas funcionan a través de procesos flexibles y en innovación constante. La empresa Horst Engineering de México, que produce componentes de aluminios y aceros para cualquier tipo de partes de avión (área de un alerón, sistema de combustión, sistema de sujeción de una palanca o del maletero), dedica

[...] 60% de su maquinaria a la producción y 40% al desarrollo de primeros artículos. Con Ametek aerospace, dice el entrevistado, ...empezamos con dos divisiones hace dos años, actualmente tenemos seis divisiones con ellos, repartidas en Estados Unidos y la producción se ha incrementado hasta un 400% en dos años, por eso estamos adquiriendo maquinaria más sofisticada y de más precisión para no tener múltiples operaciones y tener una máquina que pueda hacer tres operaciones en una sola, cuesta más pero ahorra tiempo y como los volúmenes son demasiado altos, se paga sola, como en tres meses (entrevista a Ramón Cota, 2014).

En otra empresa, la Minco Manufacturing, cuya producción está orientada a la producción de maquinados de precisión, como son los *sleeves* and *retainers* que son piezas de sujeción que se usan en las bombas de inyección del combustible para ajustar, los *sleeves* sirven para unir tuberías. “La flexibilidad del proceso productivo radica en que cambiamos a las necesidades del cliente”, dice el entrevistado:

Estamos corriendo aproximadamente unos 40 números de parte del área aeroespacial y 100 números de parte del otro negocio, entonces, sí es diversificado. Si el cliente requiere alto volumen, se puede correr alto volumen, si quiere bajo se hace así, trabajamos mucho en lo que se llama el SMED (Single-Minute Exchange of Die) donde se trata de reducir el tiempo de preparación de la máquina o del proceso de producción al máximo. Antes el proceso de preparación llevaba 45 minutos, ahora sólo lleva 15 minutos. Asimismo, le apostamos mucho a estar motivando al personal para que busque cosas nuevas. Para mí la innovación no significa tener el último grito de la moda en máquinas sino innovar en los procesos (entrevista a Rafael Regalado, 2014).

La empresa INCERTEC (Innovative Certified Technical Plating), produce recubrimientos anticorrosivos y basa su flexibilidad en que “...se adapta a los requerimientos de los clientes en cuanto a procesos y tipos de herramental para su manejo y porque se cumple con una gran variedad de especificaciones”. Y se considera empresa innovadora “porque constantemente...actualiza equipos y los químicos para el proceso” (entrevista a Jesús Cervantes, 2014).

La empresa Sargent Aerospace & Defense produce totalmente para la industria aeroespacial con especialidad en *core business*, anillos y sellos para sistemas de inyección de combustible, *piston ring* y pistones hidráulicos, reconoce la flexibilidad en el hecho de que “...existe libertad de hacer cambios y propuestas a un proceso ya establecido, aunque también existen procesos congelados”. Respecto a su visión de innovación, señalan que “continuamos mejorando los procesos y dentro de las actividades en muchas ocasiones el resultado es la compra de mejor tecnología y equipo” (entrevista a Gilberto Hernández, 2014).

UTC Aerospace, produce alabes para turbinas de avión, que son maquinados de alta precisión, y su flexibilidad radica en que la empresa se adapta a las necesidades del cliente. Asimismo: “la maquinaria de la empresa que se está adquiriendo es de última generación y constantemente se están innovando los procesos de producción para evitar desperdicios y ser más competitivos” (entrevista a Perla Navarro, 2014).

Una de las pocas empresas, cuyo origen no está en Estados Unidos, sino en Alemania, es Robert Bosch que produce audífonos y micrófonos para pilotos de aviación, y basan su flexibilidad en que “...nos adaptamos a las necesidades del cliente y producimos para diferentes sectores” (entrevista a Reyna Pérez, 2014).

Pinnacle Aerospace es una empresa que no produce piezas, sino servicios. En ésta se hacen pruebas de “pantallas multiaerreas para los dispositivos aeroespaciales” y su nivel de innovación ha sido reconocido por Conacyt en dos proyectos de innovación tecnológica (entrevista a Alejandro Osorio, 2014).

En suma, la muestra de empresas entrevistadas, son altamente flexibles en su proceso productivo y están en constante innovación en el sentido shum-peteriano del término: la industria aeroespacial está inserta en una lógica de producción, donde una empresa reúne condiciones para abastecer pedidos de industrias de diferente perfil; proveen distintos mercados, generan diversidad de productos (piezas), introducen cambios en los procesos productivos y están en permanente innovación tecnológica. Estas especificaciones son las que están presentes en el marco teórico de este trabajo, desarrolladas por Coriat (1992).

### *Empleo*

Según datos de 2013, la industria aeroespacial emplea a 9 430 personas de la región, concentrándose en Nogales, Hermosillo y Guaymas-Empalme, ciudades donde se localizan también los centros de educación –técnicos superiores y de posgrado– en los que se forman los cuadros calificados para la industria.

Las preguntas enfocadas al perfil del empleo buscaron responder a interrogantes acerca del grado de escolaridad de los empleados de la empresa, el principal problema al que se enfrentan durante la contratación del personal y los montos salariales; asimismo, se preguntó si utilizaban el *outsourcing* como medio de contratación, así como sus consideraciones y/o percepciones en cuanto a la mano de obra sonorensis y su comparación con otros estados del país.

Respecto al grado de escolaridad de técnicos y empleados de la empresa, puede variar según el tipo de actividad que se realice. La mayoría de las empresas tienen empleados con nivel de secundaria, preparatoria, técnico, licenciatura, ingeniería y en algunos casos de maestría; en casos particulares de empresas como Pinnacle Aerospace, QET Tech Aerospace, que no se dedican a la maquila, sino a la prueba de pantallas multitarea y MRO, el nivel de escolaridad es estrictamente superior.



Los problemas que enfrentan las empresas al contratar personal varían según las necesidades de cada una; entre algunos de los requisitos están el uso del inglés, idioma que es muy importante en los puestos gerenciales de las compañías, ya que los clientes provienen del extranjero, por lo que para estar en comunicación y atender sus solicitudes se requiere dominar plenamente el idioma.

Una apreciación generalizada en las empresas es la falta de conocimiento, experiencia y preparación, incluso mencionan que la educación que se brinda en las instituciones educativas está muy alejada de la realidad que se vive en los procesos productivos de la industria aeroespacial.

Los empleados de estas compañías provienen de diferentes instituciones del estado como: universidades públicas y privadas, además de escuelas técnicas de las cuales destacaron la Universidad de Sonora, el Tecnológico de Monterrey, el Instituto Tecnológico de Sonora, la Universidad Estatal de Sonora, el Instituto Tecnológico de Hermosillo, el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme, la Universidad del Desarrollo Profesional, la Universidad Tecnológica de Hermosillo, la Universidad del Valle de México, la Universidad Tecnológica del Sur de Sonora, la Universidad Tec. Milenio y el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica. Las especialidades en ingenierías o técnicas que se requieren para el sector son ingeniería industrial, mecatrónica y electrónica; en el área técnica sería maquinados CNC o maquinados aeroespaciales.

En lo que respecta a la contratación vía *outsourcing*, en el caso de las compañías establecidas en Guaymas y Empalme, Maquilas Tetakawi absorbe la total responsabilidad de los empleados, ya que trabaja con el régimen de *shelter*, por lo que las empresas que los contratan y están instaladas en el parque no existen legalmente ni en la región ni en México. Maquilas Tetakawi es el responsable de buscar el personal de todas las empresas cuando se encuentren en fase de contratación y mandan a cada una de ellas los perfiles de los empleados que consideran son más aptos a sus necesidades. Sin embargo, al final la empresa es la que decide a quién elige y se contrata a través del *shelter*. Robert Bosch, Pinnacle Aerospace y QET Tech Aerospace, contratan directamente a sus empleados sin necesidad de hacer uso de medios de *outsourcing*. En Hermosillo, American Precision Assemblers y Federal Electronics, utilizan Sonora S. Plan como empresa para la contratación de su personal, misma que se encarga también de la administración de diferentes maquilas.

Con respecto al salario de los empleados, es fluctuante y depende de las actividades que realicen, su grado de escolaridad y puesto. Los sueldos para operarios van desde 120 a 500 pesos diarios, mientras que los ingenieros ganan entre 500 y 1 500 pesos diarios. Es interesante observar que pueden existir

técnicos que ganen igual o se acerquen al sueldo de un ingeniero, lo cual depende de la experiencia y el área en el que laboran.

En el caso de ciertos procesos de producción, como el que se presenta en Federal Electronics Hermosillo, 95% de sus empleados son mujeres, lo cual se debe a que tienen facilidades manuales para la fabricación del producto y del proceso que se realiza en la planta; en el caso de otras empresas, la composición por género está dividida: 50% hombres y 50% mujeres. Valga señalar que los gerentes de planta en su mayoría son hombres.

En la mayoría de las empresas coincidieron en que si bien Sonora tiene mano de obra altamente calificada para trabajar esta rama de las manufacturas, también destacaron que para que esta industria siga creciendo es necesario desarrollar más las capacidades, las habilidades, el conocimiento y la experiencia de las personas que estén interesadas en dedicarse al área aeroespacial. Cabe mencionar que a la pregunta de cuál era la diferencia con otros estados, el 100% de los entrevistados manifestó desconocer el tipo de actividades que se hacen y/o las especialidades que se tienen en otras regiones.

### *Perspectivas y retos de la industria aeroespacial*

Todos los gerentes entrevistados coincidieron en la enorme perspectiva de esta industria, y también en los retos que enfrenta. Las opiniones que sintetizan todo lo anterior son las expresadas en la American Precision Assemblers, en este sentido:

Tiene un futuro prometedor no sólo en el estado sino a nivel nacional. Aeroespacial, aparte de que se escucha muy rimbombante encierra muchas cosas, estamos hablando de que encierra cuestiones de tecnología, diseño y desarrollo de partes, mano de obra calificada tanto de ingeniería como de técnica, operación y capacitación; el nivel de sueldos que puede obtenerse de gente capacitada a esos niveles es alto, puedes aspirar a mejores sueldos con una capacitación aeroespacial; hay menos gente capacitada para esta área, aprendes muchísimo, es un campo con un montón de conocimientos por todas las especificaciones que hay; aparte la aeroespacial se centra básicamente en la industria aérea comercial y la industria aérea militar; la industria aeroespacial que son partes para satélites, cohetes y todo ese tipo de cosas, entonces, el ramo es muy amplio. La derrama económica que te puede dejar la instalación de este tipo de empresas en el estado es muy importante (entrevista a Liliana Molina y Roberto Darío Pérez Valencia, 2015).

¿Cuáles son los retos más importantes a los que se enfrenta esta industria a nivel regional?

Una de las cosas que facilitarían mucho la llegada de la industria aeroespacial no nada más a Sonora, sino al norte del país, primero, es que las escuelas tienen que empezar a capacitar a sus ingenieros en especialidades que tenga que ver con aeroespacial, deberían tener un área donde te enseñen toda la cuestión aeroespacial, con esto estarías generando tú mano de obra calificada que ofrecerle a esas empresas; en segundo lugar necesitan hacer atractiva la inversión para ese tipo de empresas, en el sentido de generar simplificación de requisitos para la instalación de las plantas, darle ciertos privilegios fiscales, de tal manera que sea atractivo venirse a instalar aquí; desarrollar infraestructura y que la energía eléctrica sea menos cara para que sea más atractiva la inversión (entrevista a Liliana Molina y Roberto Darío Pérez Valencia, 2015).

## 6. CONCLUSIONES

La industria moderna en Sonora encabezada por la actividad electrónica, automotriz y aeroespacial tiene un desarrollo desigual, ya que si bien sus procesos están al parejo de las tendencias generales de la economía global, en lo específico algunas distan de ubicarse en la frontera de la destrucción creativa. Tal es el caso de la industria aeroespacial, cuya producción para operar y mantener la industria espacial, militar, transporte aeronáutico y comunicación, se ubica en los niveles de manufactura, reparación y mantenimiento.

En México, la industria aeroespacial se dispersa en 18 estados de la República, pero sobresalen cinco agrupamientos de los cuales cuatro corresponden a estados fronterizos con Estados Unidos, uno de ellos es Sonora, donde resaltan los cambios en el tiempo y el espacio de su localización, ya que su estratégica ubicación en la frontera, particularmente en Nogales, enfrenta límites asociados a problemas de infraestructura básica de la ciudad e insuficiencia en la formación del capital humano por parte de las instituciones de educación superior. Lo anterior ha motivado que las empresas cambien el destino de su ubicación hacia el centro y el sur del estado, Hermosillo, las ciudades conurbadas Guaymas-Empalme y Ciudad Obregón donde existen condiciones para que la industria crezca: disponibilidad de suelo, parques industriales, ambiente de apoyo institucional por parte del gobierno del estado, logística para transporte que ya no se circunscribe sólo a la comunicación terrestre, sino también a la marítima a través del puerto de Guaymas y los aeropuertos de

Hermosillo y Ciudad Obregón, la cercanía con las instituciones de educación técnica y superior y los principales centros de investigación del estado.

Esto ha permitido la formación de una masa de conocimientos tácitos y codificados que han potenciado las posibilidades de expansión y la complejidad de las empresas hacia niveles superiores de las cadenas de suministro y de valor. Sin embargo, perdura una brecha entre el despliegue tecnológico de los tiempos de la robótica y la telepresencia y los saberes y condiciones para estar en posibilidades de insertarse en la cúspide del nuevo conocimiento para el desarrollo de la plataforma de la industria 4.0.

Según los propios protagonistas de esta industria, los gerentes entrevistados, las empresas que operan son de alta flexibilidad en sus procesos productivos, para responder a la diversidad de requerimientos del mercado y enfrentan el límite y los retos del conocimiento para desplegar en su máxima potencialidad el proceso productivo. Sin embargo, una opinión generalizada es que a los recursos humanos involucrados en la industria les hace falta experiencia, así como una formación educativa con las habilidades que demanda la industria.

Un elemento adicional es la incorporación de la mujer a las cadenas de producción. En la empresa Federal Electronics de Hermosillo, 95 % del personal son mujeres, pero la mayoría de los gerentes son hombres. Éste es un elemento importante para la potencialización de la industria, ya que según algunas opiniones, la ventaja competitiva de la mujer en algunos segmentos de las cadenas de producción es superior a la del hombre.

Punto clave para que la industria sea factor de desarrollo regional es el nivel de integración y generación de *spillovers* con cadenas de suministro y valor de dominio local y regional, que de alguna manera aprovechen las ventajas competitivas que ofrece Sonora. Hasta ahora las ventajas comparativas y competitivas que ofrece la entidad han sido aprovechadas por empresas transnacionales, mientras que los agentes económicos regionales o nacionales han carecido de fortaleza para propiciar conexión de redes y cooperación que den forma a un conglomerado industrial.

Dicha debilidad de la industria también se vincula con el aislamiento en que se desarrolla: por un lado, el técnico o el obrero conoce sólo la parte de la cadena que eslabona en la producción, desconociendo la estructura donde está involucrado; y por otro, desconoce los qué y cómo se produce en agrupamientos del país más desarrollados.

## ANEXO 1: EMPRESAS Y PERSONAS ENTREVISTADAS

Cuadro A1. Empresas de las cuales se obtuvo información entre 2012 y 2015

Nombre de la empresa	Producto que genera	Ubicación	
American Precision Assemblers (APA)	Cables y arneses.	Hermosillo	Ing. Roberto Darío Páez Valencia (exgerente de producción) y Liliana Molina (asistente)
Federal Electronics	Productos para la NASA: ensambles de cobre, arneses, ensambles de interconexión de fibra óptica.	Hermosillo	Ing. Rafael Esquer (gerente de planta)
Robert Bosch	Audífonos y micrófonos para pilotos de aviación.	Hermosillo	Reyna Pérez (recursos humanos)
Consolidated Precision Products (CCP)	Navajas para turbinas, sellos, fundiciones de metal.	Guaymas	Dora Luna Alejandres (gerente de planta)
G.S Precisión	Maquinado aeroespacial, tornos CNC y fresado CNC.	Guaymas	Ing. Marco Antonio Burgos Navarro (ingeniero de calidad)
Horst Engineering de México	Componentes de aluminio y acero para partes de avión que pueden ser el área de un alerón, el sistema de combustión y de sujeción de una palanca o del maletero.	Guaymas	Ramón Cota (gerente de planta)
Innovative Certified Technical Plating (INCERTEC)	Servicios de recubrimientos anticorrosivos por medio de procesos químicos.	Guaymas	Ing. Jesús Cervantes (gerente de planta)
UTC. Aerospace	Alabes para turbinas de aviones.	Guaymas	Perla Navarro (gerente de materiales)
Sargent Aerospace and Defense	Plata totalmente aeroespacial, con especialidad en <i>core business</i> , anillos y sellos para sistemas de inyecciones de combustibles, <i>piston ring</i> y pistones hidráulicos.	Guaymas	Ing. Gilberto Hernández (gerente de planta)
Minco Manufacturing	Maquinados de precisión como son los <i>sleeves and retainers</i> , que son piezas de sujeción que se usan en las bombas de inyección del combustible para ajustar, los <i>sleeves</i> sirven para unir tuberías como las que llevan agua en el baño. Todo el producto es para interiores.	Empalme	Ing. Rafael Regalado
Pinnacle Aerospace	Pruebas (validación) de pantallas multilaterales de los dispositivos aeroespaciales para latitud y/o presión y velocidad del avión.	Ciudad Obregón	Alejandro Osorio
QET Tech Aerospace	Mantenimiento de aeronaves.	Ciudad Obregón (Registro Fiscalizado Estratégico)	Anónimo
Copreson	Nuevas empresas.	Hermosillo	Candelario Molina (promotor de inversiones)

Fuente: elaboración propia con base en anexos de Becerra (2015).

## BIBLIOGRAFÍA

- Baldwin, R. (2016), *The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization*, United States, Harvard University Press.
- Becerra, A. (2015), *La integración de la economía de Sonora a la industria aeroespacial (2000-2012)* (Tesis de Maestría en Integración Económica), Universidad de Sonora, México.
- Becerra, A. y Vázquez, M. A. (2016), “La industria aeroespacial en México: situación y perspectivas”, en C. Bocanegra y M. A. Vázquez (coords.), *Integración económica. Dinámica y resultados*, México, Jorale-Unison.
- Bocanegra, C. y Vázquez, M. A. (2010), “Los empresarios de Sonora, antes los retos de la economía del conocimiento”, en R. Basurto y M. A. Vázquez (coords.), *La competitividad regional y empresarial ante la economía del conocimiento*, Hermosillo, DCEA-UNISON.
- Boisier, S. (2014), “El retorno del actor territorial a su nuevo escenario”, en P. Wong G., L. Núñez, V. Salazar (coords.), *Desarrollo económico territorial: visión y experiencias desde la región norte de México*, México, Clave Editorial.
- Casalet, M. (2014), Entrevista sobre la industria aeroespacial. 20 de febrero. Recuperado el 11 de mayo de 2018 de <<https://www.youtube.com/watch?v=57IdAZw0zeo>>
- \_\_\_\_\_ (2013), *La industria aeroespacial: complejidad productiva y relacional en las regiones de localización*, México, Flacso.
- Cluster Institute. *Industria 4.0*. <[https://clusterinstitute.com/Documentos/Industria\\_I40\\_CI.pdf](https://clusterinstitute.com/Documentos/Industria_I40_CI.pdf)>, consultado el 10 de mayo de 2018.
- Contreras, O. y Bracamonte, A. (2012), “Capacidades de manufactura global en regiones emergentes. La industria aeroespacial en Sonora”, en M. Casalet (coord.), *La industria aeroespacial: complejidad productiva y relacional en las regiones de localización*, México, Flacso.
- Coriat, B. (1992), *El taller y el robot. Ensayos sobre el fordismo y la producción en masa en la era de la electrónica*, Madrid, Siglo XXI Editores.
- Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA) (2013). Recuperado de <[https://femia.com.mx/themes/femia/ppt/femia\\_presentacion\\_tipo\\_esp.pdf](https://femia.com.mx/themes/femia/ppt/femia_presentacion_tipo_esp.pdf)>
- García, M. (2017), “Polos de altos vuelos”, *Comercio Exterior*, abril-junio. Recuperado de <<http://www.revistacomercioexterior.com/articulo.php?id=58-&t=polos-de-altos-vuelos>>
- Gereff, G. (2001), “Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización”, *Problemas del Desarrollo*, vol. 32, núm. 125. Recuperado de <<http://www.revistas.unam.mx/index.php/pde/article/view/7389>>

- Hermann, M., Pentek, T. y Otto, B. (2016), *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*. 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences. <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7427673>>
- \_\_\_\_\_, Pentek, T. y Otto, B. (2015), “Design Principles for Industri 4.0. Scenarios: A Literature Review”, Working Paper No. 01/2015. <[https://www.researchgate.net/publication/307864150\\_Design\\_Principles\\_for\\_Industrie\\_40\\_Scenarios\\_A\\_Literature\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/307864150_Design_Principles_for_Industrie_40_Scenarios_A_Literature_Review)>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010), *Metodología de la Investigación*, México, McGraw Hill.
- Ibarra, L., Olivas, E. y Rodríguez, S. (2014), “Análisis de la situación actual de la industria aeroespacial en Sonora”, *XIX Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas*, organizado por ACACIA, 21-24 de abril, en Durango, Durango. Recuperado de <[http://acacia.org.mx/busqueda/pdf/ANALISIS\\_DE\\_LA\\_SITUACION\\_ACTUAL\\_DE\\_LA\\_INDUSTRIA\\_AEROESPACIAL\\_EN\\_SONORA.pdf](http://acacia.org.mx/busqueda/pdf/ANALISIS_DE_LA_SITUACION_ACTUAL_DE_LA_INDUSTRIA_AEROESPACIAL_EN_SONORA.pdf)>
- Morán, C. y Mayo, A. (2013), *La ingeniería en la industria aeroespacial*, Academia de Ingeniería de México. Recuperado de <<http://www.observatoriodelaingenieria.org.mx/docs/pdf/5ta.%20Etapa/15.La%20ingenier%C3%ADa%20en%20la%20industria%20aeroespacial%20en%20M%C3%A9xico.pdf>>
- Olas, A. (2016), *La entrevista de investigación*, Madrid, Grupo 5.
- Pérez Valencia, I. (2017), “Manufactura 4.0 para la industria aeroespacial”, Querétaro, Agencia Informativa Conacyt, 3 de octubre. <<http://conacyt-prensa.mx/index.php/tecnologia/tic/18145-manufactura-4-0-industria-aeroespacial>>
- Porter, M. (2000), *Ventaja competitiva. Creación y sostenimiento de un desempeño superior*, México, Compañía Editorial Continental.
- \_\_\_\_\_. (1985), *Competitive Advantage: creating and sustaining Superior Performance*, New York, The Free Press.
- Porter, M. y Millar, V. (1985), “How Information gives you Competitive Advantage”, *Harvard Business Review*, July. Recuperado de <<https://hbr.org/1985/07/how-information-gives-you-competitive-advantage>>
- Quintana, E. y Ortigoza, N. (22 de abril de 2015), “México será potencia aeronáutica”, *El Financiero*. Recuperado de <<http://www.elfinanciero.com.mx/economia/mexico-sera-potencia-aeronautica.html>>
- Schwab, K. (2016), *The Fourth Industrial Revolution*, Word Economic Forum.
- Secretaría de Economía (SE) (2012), *Plan Nacional Estratégico de la Industria Aeroespacial*. Recuperado de <<https://www.gob.mx/cms/uploads/attach->

- ment/file/58802/Plan\_Estrat\_gico\_de\_la\_Industria\_Aeroespacial\_junio.pdf>
- Secretaría de Economía-FEMIA (2012), *Pro-Aéreo 2012-2020, Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial*. Recuperado de <[http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/PROAEREO-12-03-2012.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/PROAEREO-12-03-2012.pdf)>
- Secretaría de Economía del Gobierno del Estado de Sonora (2016). Recuperado de <<http://www.economiasonora.gob.mx/portal/aeronautico-aeroespacial>>
- Srinivasan, M., Mukherjee, D. y Gaur, A.S. (2011), *Buyer-Supplier Partnership Quality and Supply Chain Performance: Moderating Role of Risks, and Environmental Uncertainty*, *European of Management Journal*, 29. DOI <<http://dx.doi.org/10.1016/j.emj.2011.02.004>>
- Stiglitz, J. y Greenwald, B. (2015), *La creación de una sociedad del aprendizaje*, México, Critica M.R.
- Vázquez, M. A. y García de León, G. (1992), *Modernización industrial en Sonora*, Hermosillo, Gobierno del Estado de Sonora.
- Vázquez, M. A. (2009), *Frontera Norte. La economía en Sonora. Una visión desde la perspectiva industrial*, Hermosillo, Universidad de Sonora.
- \_\_\_\_\_ (coord.) (1992), *La economía en Sonora, más allá de los Valles*, Hermosillo, Universidad de Sonora.
- Villarreal, A., Flores, S. M., Flores, M. A. (2016), “Patrones de colocalización espacial de la industria aeroespacial”, *Estudios Económicos*, vol. 31, núm. 1, enero-junio, El Colegio de México, A.C. <<https://estudioeconomicos.colmex.mx/>>